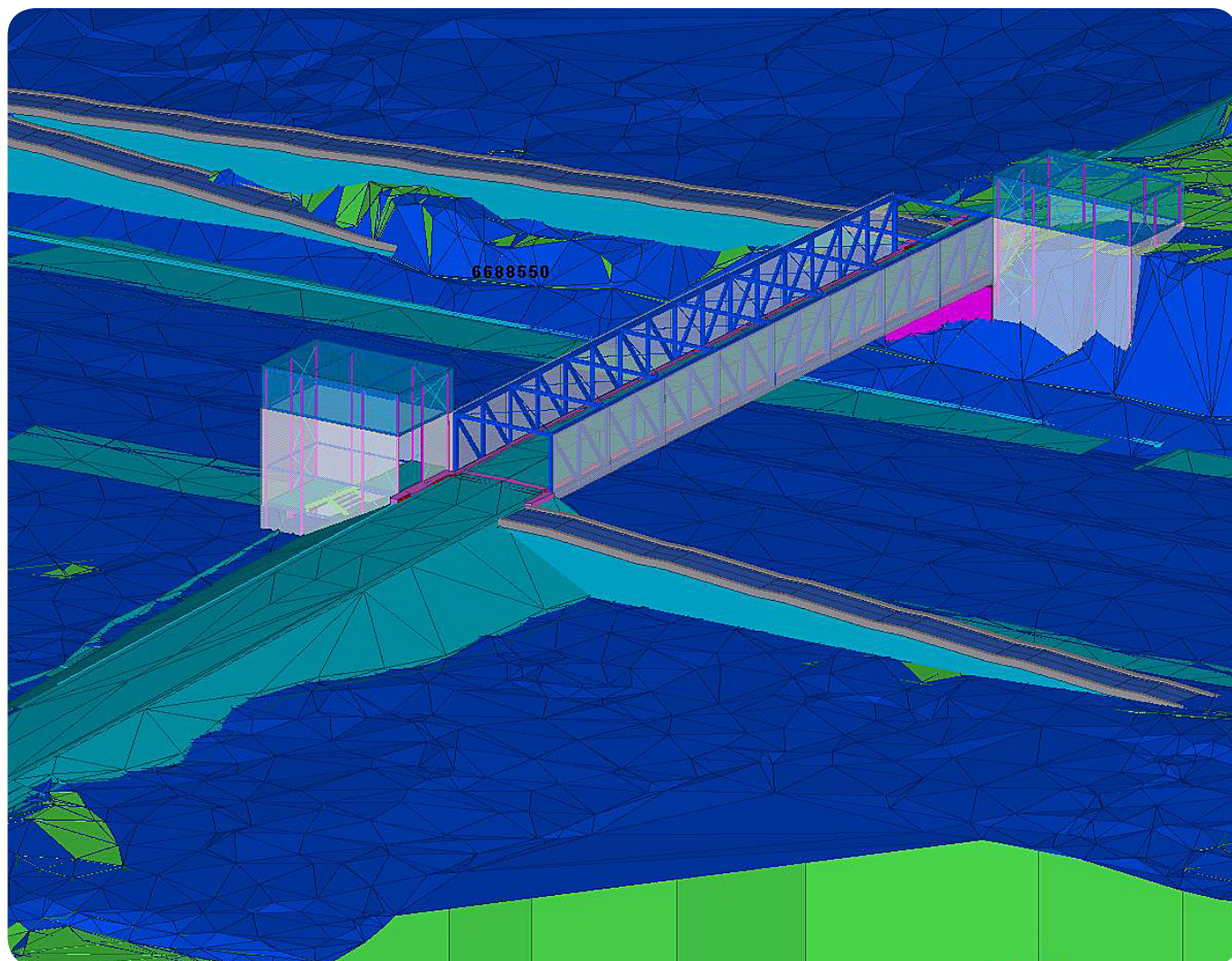


RAUNO HEIKKILÄ (TOIM.)

# 5D-SILTA3 & InfraFINBIM

## Siltojen informaatio- ja automaatioprosessin sekä toimintaympäristön kehittäminen

LOPPURAPORTTI





Rauno Heikkilä (toim.)

**5D-SILTA3 & InfraFINBIM**  
**Siltojen informaatio- ja**  
**automaatioprosessin sekä**  
**toimintaympäristön kehittäminen**

Loppuraportti

Liikennevirasto

Helsinki 2015

*Kannen kuva: A-Insinöörit Oy*

Verkkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-317-075-9

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

**Rauno Heikkilä (toim.): 5D-SILTA3 & InfraFINBIM - Siltojen informaatio- ja automaatio-prosessin sekä toimintaympäristön kehittäminen – Loppuraportti.** Liikennevirasto, infra ja ympäristö -osasto. Helsinki 2015. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 16/2015. 54 sivua. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-075-9.

**Avainsanat:** sillat, tieto, mallintaminen

## Tiivistelmä

Raportti dokumentoi 5D-SILTA3 -kehittämiprojektin, Siltojen informaatio- ja automaatioprosessin sekä -toimintaympäristön kehittäminen, tuloksia. 5D-SILTA3-kokonaisprojekti toteutettiin rinnakkaisesti RYM Oy:n PRE-ohjelman Infra FINBIM -työpakettin kanssa, jossa myös osa sillapilotoinneistakin toteutettiin. Kokonaisraporttia täydentää lähdeviitteissä mainittu joukko osaraportteja. Kokonaisuuden ehkä tärkeimpänä tuloksena voidaan pitää Liikenneviraston viimeistelemää päivitettyä Siltojen tietomalliohjetta, joka kiteyttää tietomallintamisen keskeiset määritteet, vaatimukset ja ohjeet silta-alalla. Sen lisäksi ohjeistusta täydentää laaja joukko erilaisia havaintoja ja tietoja tietomallintamiseen liittyvistä työkaluista, työmenetelmistä ja kokeiluista, joita on dokumentoitu osaksi tähän raporttiin. Uudet havainnot mahdollistavat alan toimintatapojen ja ohjeistuksen jatkokehityksen.

Projektin tavoitteena oli siltojen tietomallintamisen ja automaation kehittäminen ja laaja käyttöönotto Suomessa. Tietomallintamisen käyttö siltojen suunnittelussa on projektin aikana lisääntynyt erittäin merkittävästi. Useat suunnittelutoimistot ovat investoineet mallintamisen käyttöönottoon ja koulutukseen. Väylien ja myös siltojen maarakennustöissä käytetään yhä enemmän automatisoituja työkonoiden 3D-ohjausjärjestelmiä, joiden kokonaismääräksi vuoden 2014/2015-vaihteessa arvioidaan noin 1000 kappaleeksi. Varsinaisesti sillanrakennustöissä automaation työmaakäyttö ei ole juurikaan lisääntynyt. Poikkeuksena on sillan kolmiulotteisten tietomallien hyödyntämiskokeilut visuaalisesti ja määrätietojen poiminnassa. Hankintamenettelyiden kehittämistä on projektin aikana tutkittu useissa eri piloteissa ja opinnäytteissä. Siltojen tietomallintamisen ohjeistuksia on päivitetty sekä Liikenneviraston että Helsingin kaupungin rakennusviraston toimesta. Erilaisten 3D-mittausten käyttöä ja hyödyntämistä on kokeiltu eri piloteissa.

**Rauno Heikkilä (ed): 5D-SILTA3 & InfraFINBIM – Utveckling av informations- och automationsprocessen för broar samt verksamhetsmiljön – Slutrapport.** Trafikverket, infrastruktur och miljö. Helsingfors 2015. Trafikverkets undersökningar och utredningar 16/2015. 54 sidor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-075-9.

## Sammandrag

Rapporten dokumenterar resultaten av utvecklingsprojektet 5D-SILTA3, Utveckling av informations- och automationsprocessen för broar samt -verksamhetsmiljön. Helhetsprojektet 5D-SILTA3 genomfördes parallellt med arbetspaketet RYM PRE Infra FINBIM där även en del av bropiloterna genomfördes. Helhetsrapporten kompletteras av en mängd delrapporter som tas upp i källhänvisningarna. De uppdaterade produktmodelleringsanvisningarna för brobranschen som finslipats av Trafikverket och där de centrala definitionerna, kraven och anvisningarna inom brobranschen sammanfattas är kanske det viktigaste resultatet av helheten. Dessutom kompletteras anvisningarna av ett stort antal olika observationer och uppgifter om verktygen, arbetsmetoderna och experimenten som anknyter till utarbetandet av datamodeller och som har dokumenterats som en del av denna rapport. Nya observationer möjliggör en fortsatt utveckling av verksamhetsmetoderna och anvisningarna.

Syftet med projektet var att utarbeta datamodeller för broar och utveckla automationen samt ett omfattande ibruktagande i Finland. Tillämpningen av datamodelleringen i planeringen av broar har under projektets gång utvidgats i mycket betydande utsträckning. Många planeringsbyråer har investerat i att införa och ordna utbildning i modelleringen. I anläggningsarbetet för farleder och även broar används alltmer automatiserade 3D-styrningssystem för arbetsmaskinerna. Enligt en uppskattning uppgick det totala antalet maskiner vid årsskiftet 2014/2015 till cirka 1 000. Tillämpningen av automation på byggplatser har just inte ökat inom brobyggnad. Ett undantag är experimenten med att utnyttja tredimensionella datamodeller för broar visuellt och vid val av mängduppgifter. Under projektet har utvecklingen av anskaffningsförfarandena undersökts i flera piloter och examensarbeten. Anvisningarna om datamodellering för broar har uppdaterats på initiativ av både Trafikverket och Helsingfors stads byggnadskontor. I olika piloter har man testat användningen och utnyttjandet av olika 3D-mätningar.

**Rauno Heikkilä (ed): Final report of the 5D-SILTA3 & InfraFINBIM project – Development of the bridge information and automation process and the operating environment.** Finnish Transport Agency, Infrastructure and Environment. Helsinki 2015. Research reports of the Finnish Transport Agency 16/2015. 54 pages. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-075-9.

## Summary

The report documents the results of the 5D-SILTA3 & InfraFINBIM project – Development of the bridge information and automation process and the operating-environment. The 5D-SILTA3 general project was implemented alongside the RYM PRE Infra FINBIM work packet, which also involved some bridge pilots. The consolidated report will complement the group of sub-reports cited in the source references. The updated Bridge Information Model completed by the Finnish Transport Agency, which crystallises the key attributes, requirements and instructions related to information modelling in the bridge sector, can perhaps be considered one of the key results of the overall project. In addition, the instructions are supplemented with an extensive range of findings and information on information modelling tools, working methods and trials, which have been documented as part of this report. The new findings will enable the further development of practices and instructions in the field.

The goal of the project was the development and broad-based adoption of bridge information modelling and automation in Finland. Adoption of information modelling in bridge design has increased hugely during the project. Many design offices have invested in the adoption of and training in such modelling. Increasing numbers of automated 3-D-control systems for construction equipment are being used in earthworks for routes and bridges. It is estimated that these amounted to 1,000 by the end of 2014. However, automation has not increased in actual bridge construction work. The exception lies in trials of the applicability of 3-D information models for bridges, both visually and in data gathering. During the project, the development of purchasing methods have been assessed in several pilots and theses. The instructions on the information modelling of bridges have been updated both by the Finnish Transport Agency and the City of Helsinki's Public Works Department. The use and benefits of a range of 3-D measurements have been trialled in various pilots.

## Esipuhe

Siltojen informaatio- ja automaatioprosessin sekä -toimintaympäristön kehittäminen (5DSILTA3) -projekti (2010–2013) on jatkoa Älykäs silta (2001–2004), 5D-Silta (2005–2007) ja 5D-SILTA2 (2007–2010) -projekteille. Nämä hankkeet ovat olleet koordinoitiprojekteja alan kanssa yhteistyössä tehdylle kehittämiselle, jossa siltojen 3D-mallintamista on viety eteenpäin kohti älykästä ja mallipohjaista sillan suunnittelua, rakentamista ja ylläpitoa.

Varsinaisen 5D-Silta3 -projektin rahoittajina ovat olleet Liikennevirasto sekä Helsingin kaupunki. Pääkonsulttina projektissa on toiminut Oulun yliopiston Rakentamisteknologian tutkimusryhmä, projektipäällikkönä TkT Rauno Heikkilä. Projektin ohjausryhmässä ovat olleet edustettuina koordinoitiprojektin rahoittajien lisäksi Destia Oy, Skanska Infra Oy, VR Track Oy, Tekla Oyj, Vianova Systems Finland Oy, Terrasolid Oy, Geotrim Oy, WSP Finland Oy, Sito Oy, Siltanylund Oy, Ramboll Finland Oy, Finnmap Consulting Oy, Ponvia Oy, A-Insinöörit Oy, Tocosoft Oy, VRT-Vesirakennetutkimus Oy ja Novatron Oy. Ohjausryhmän puheenjohtajana on toiminut TkL Timo Tirkkonen Liikennevirastosta.

Tässä julkaisussa kuvataan 5D-Silta3 -projektin osaprojektien keskeisimpiä tuloksia. Tärkeänä projektin myötävaikuttaneena tuloksena on syntynyt myös toinen versio Siltojen tietomalliohjeesta (Liikenneviraston ohjeita 6/2014), jota tullaan käyttämään ohjeistuksena siltojen mallipohjaista suunnittelua tilattaessa. Helsingin kaupunki on myös julkaissut omat taitorakenteiden tietomallinnusohjeet.

Kiitämme kaikkia konsortion osapuolia yhteistyöstä projektissa.

Helsingissä toukokuussa 2015

Liikennevirasto

Väylätekniikkaosasto/taitorakenteet



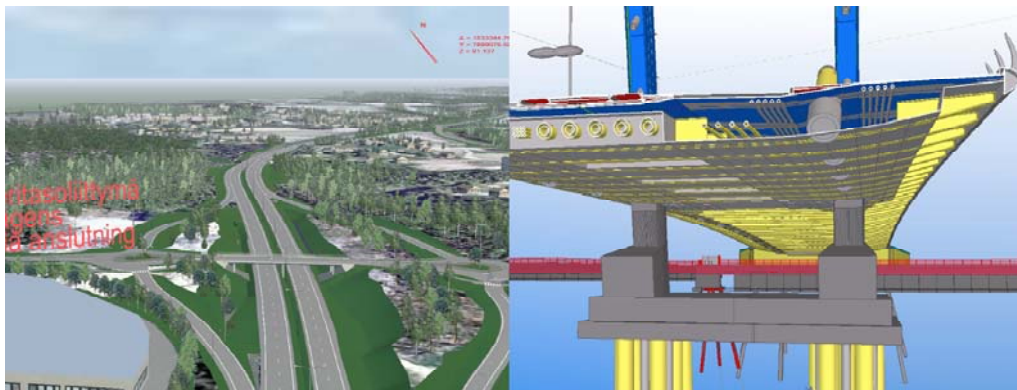
# Sisällysluettelo

1	JOHDANTO.....	8
1.1	Tausta.....	8
1.2	Tavoite.....	9
2	5D-SILTA3 – TUTKIMUS- JA KEHITTÄMISTOIMIEN TOTEUTUS .....	10
2.1	Opinnäytetöiden toteutus .....	10
2.1.1	Anssi Mattila .....	10
2.1.2	Hosai Saifi .....	11
2.1.3	Antti Karjalainen .....	11
2.1.4	Verner Lehtovirta .....	12
2.2	Yritysten osaprojektien toteutus.....	13
2.2.1	A-Insinöörit Oy.....	13
2.2.2	Ponvia Oy .....	17
2.2.3	Sito Oy .....	18
2.2.4	Siltanylund Oy.....	22
2.3	Työpajojen toteutus.....	23
2.3.1	Työpaja 1 ”Työsuunnittelu”.....	23
2.3.2	Työpaja 2 ”Siltojen tuotemallintamisen kipukohdat” .....	24
2.3.3	Työpaja 3 ”Siltojen ja väylien tietomallinnusintegraatio” .....	28
2.3.4	Työpaja 4 ”Taitorakenteiden tietomallinnusohjeen jatkokehitys” .....	29
2.3.5	Työpaja 5 ”Siltojen tietomalliohjeen viimeistely” .....	29
3	TULOKSET.....	30
3.1	Opinnäytetöiden tulokset .....	30
3.1.1	Anssi Mattila .....	30
3.1.2	Hosai Saifi .....	30
3.1.3	Antti Karjalainen .....	31
3.1.4	Verner Lehtovirta .....	32
3.2	Osaprojektien tulokset .....	33
3.2.1	A-Insinöörit Oy.....	33
3.2.2	Ponvia Oy .....	36
3.2.3	Sito Oy .....	39
3.2.4	Siltanylund Oy.....	40
3.3	Työpajojen tulokset .....	41
3.3.1	Työpajan 1 ”Kokonaiskuvan muodostaminen” tuloksia.....	41
3.3.2	Työpajan 2 ”Siltojen tuotemallintamisen kipukohdat” tuloksia.....	42
3.3.3	Työpajan 3 ” Siltojen ja väylien tietomallinnusintegraatio” tuloksia ....	47
3.3.4	Työpajan 4 Taitorakenteiden tietomallintamisohjeen jatkokehitys” tuloksia .....	51
3.3.5	Työpajan 5 ”Siltojen tietomalliohjeen viimeistely” tuloksia .....	52
4	PÄÄTELMÄT .....	53
	LÄHDELUETTELO .....	54

# 1 Johdanto

## 1.1 Tausta

Suomessa on vuodesta 2001 lähtien tehty jatkuvaa ja tavoitteellista tutkimus- ja kehitystyötä sillanrakentamisen toimintaprosessien kehittämiseksi ns. Älykäs silta-, 5D-SILTA- ja 5D-SILTA2-konsortioprojekteissa. Projektien voidaan arvioida muodostaneen siltatoimijoiden yhteisen kehittämisklusterin. Viimeisen 5D-SILTA2-projektin päättyessä yhteistä kehittämistyötä halutaan edelleen jatkaa, mutta koordinoitua edelleen tehostaen ja tavoiteasetantaa konkreettisoiden. 5D-SILTA2-konsortion ns. Bridge Finland -projektissa kehitettiin silta-alalle yhteiset tuotemallintamishjeet, joiden kokeilu ja käyttöönotto voidaan vuoden 2011 alusta aloittaa. PPP5D-projektissa mallinnettiin yleisellä tasolla Kokkola-Ylivieska -kaksoisraiteen rakentamista varten myös siltojen 3D-tuotemallintamisen ja 3D-mittausten hyödyntämistävat ja -mahdollisuudet. Custom components -projektissa tuotettiin siltasuunnittelijoille käyttökelpoisia sillansuunnittelun aputyökaluja. 3D-GPR-projektissa tutkittiin ja kehitettiin siltojen 3D-mittausprosessia. Helsingin Crusellin vinoköysisilta, jossa kehittämistyöt toteuttivat Helsingin kaupunki, Skanska Infra Oy ja WSP Finland Oy, oli merkittävä yksittäinen 3D-tuotemallintamisen ja urakoitsijan hyödyntämisen kehittämiskohde. Ns. 5D-Vt8 -projektissa kehitettiin ja kokeiltiin väyläsuunnittelun ja sillansuunnittelun integraatiota ja yhteistyötä.



Kuva 1. Siltojen tietomallintamisen pilottihankkeita 5D-SILTA2-projektissa.

Edellä mainittujen 5D-SILTA2-osaprojektien lisäksi kehittämistyötä on tehty useissa yritysten toteuttamissa kehittämisprojekteissa, joista mainittakoon Tekla Oyj:n tekemä kehitystyö Tekla Structures -toiminnallisuuden parantamiseksi, Ponvia Oy:n tutkimus Revit Structure -tietomallintamisen kehittämiseen sekä Destia Oy:n 5D-ST-kehittämisprojekti siltojen Suunnittele ja Toteuta -toimintamallin kehittämiseksi. Useat konsortion yritykset, esimerkiksi Siltanylund Oy ja Finnmap Consulting Oy, ovat projektin aikana ja sen jälkeen aloittaneet laajan suunnittelijakoulutuksen 3D-tietomallintamisen käyttöönottamista varten.

Suomessa silta-alan kehittämistyötä tehtiin myös RYM Oy:n PRE-ohjelman InfraFIN-BIM-työpaketissa. 5D-SILTA3-projektissa Oulun yliopisto toimii pääosin kokonaisprojektin koordinoijana, konsortiossa toteutettavien opinnäytetutkimusten sekä yritysten suorittaman kehittämistyön ohjaajana, johtoryhmän sihteerinä sekä vastaa projektin raportoinnista. 5D-SILTA3- ja Bridge Automation -projekteilla sekä RYM Shok PRE -ohjelmalla oli myös osittain samansuuntaisia tavoitteita, mutta toteutus-

tehtävät ja toteuttajat ovat erilaisia. Konsortiot olivat organisoituneet eri tavoin. Kokonaisuutena konsortiohankkeet merkitsivät tehostettua yhteistyötä ja tutkimus- ja kehittämispanostusta myös silta-alan teknologioiden ja toimintaprosessien kehittämiseen Suomessa



Kuva 2. Siltojen tietomallintamisen kehittämisen vaihteita Suomessa (Timo Tirkkonen).

## 1.2 Tavoite

5D-SILTA3-projektin tavoitteena oli siltojen informaatio- ja automaatioprosessin ja toimintaympäristön kehittäminen ja laaja käyttöönotto Suomessa. Osatavoitteita olivat tietomalleja ja automaatiota edistävien, tukevien ja hyödyntävien:

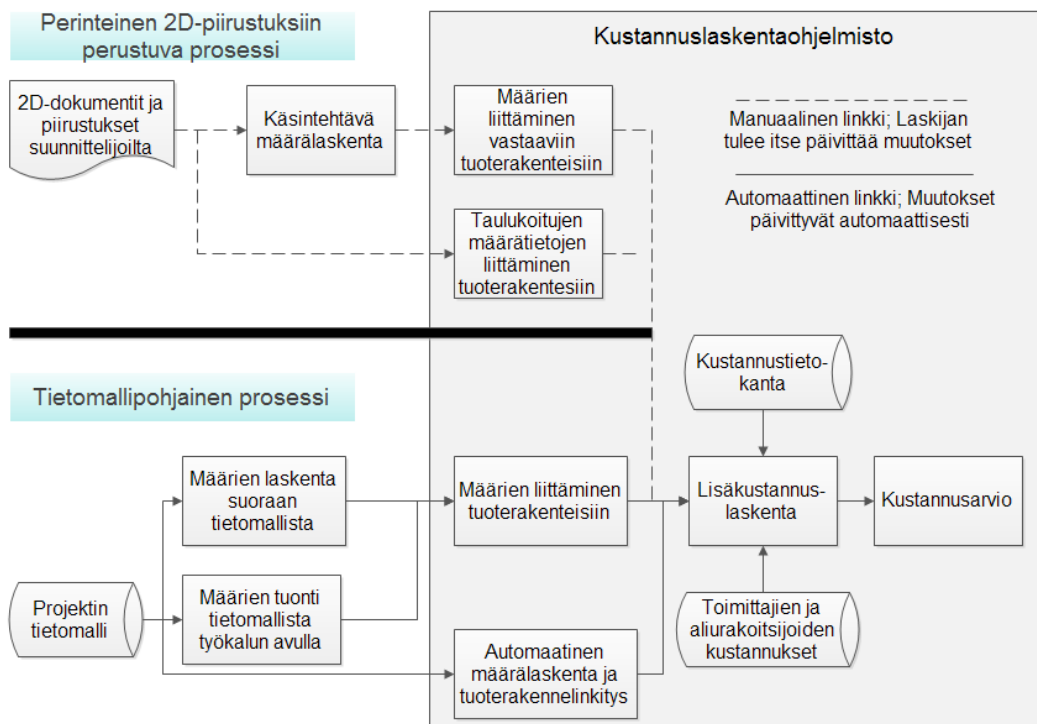
- siltojen tuotemallintamista ja automaatiota tukevien hankintamenetelmien kehittäminen ja systemaattinen käyttöönotto
- ohjeistuksen ja tarkastuksen kehittäminen (tuotemallintamisohjeiden jatkokehitys, muut esimerkiksi mittauksiin ja koneohjaukseen liittyvät ohjeistukset, suunnitelmien tarkastus ja arkistointi) ja systemaattinen käyttöönotto
- lähtötietojen mittausten (laserkeilaaminen staattisesti ja dynaamisesti, takymetrinen mittaus, vedenalainen luotaus, Ground Penetrating Radar (GPR) tutkimus, lämpökamerakuvaus) kehittäminen ja käyttöönotto
- 3D-tuotemallintamiseen perustuvan suunnittelun kehittäminen ja laaja käyttöönotto
- rakentamisen kehittäminen tietomallintamista, mittauksia työmaa-automaatioita hyödyntämällä sekä
- 3D-tuotemallin hyödyntämisen kehittäminen siltojen ylläpidossa ja hoidossa.

## 2 5D-SILTA3-tutkimus-jakehittämistoimien toteutus

### 2.1 Opinnäytetöiden toteutus

#### 2.1.1 Anssi Mattila

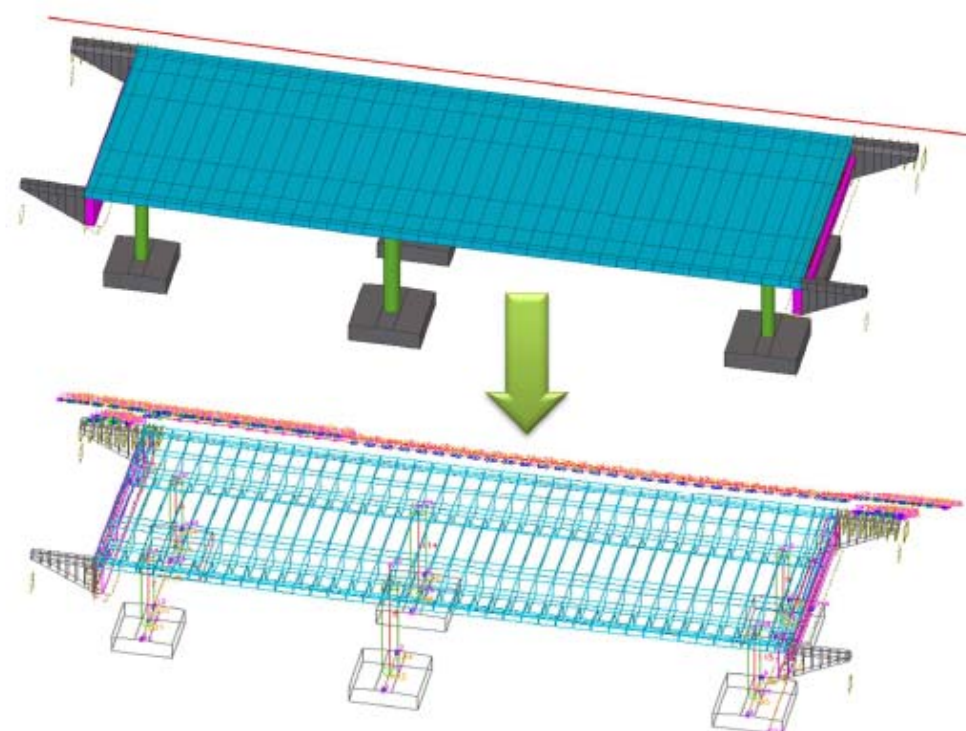
Anssi Mattilan diplomityön tavoitteena oli tutkia siltojen rakennussuunnittelun ja urakkalaskennan mallipohjaista yhdistämistä ja kehittää näille toimintamalli, joka ohjaa suunnittelun ja urakkalaskennan toteutusta. Työssä mallinnettiin Tekla Structures 18.0 -ohjelmistolla Liikenneviraston BUL-tyyppisarjan silta ja tutkittiin miten suunnittelijan tulee rakentaa tietomalli, jotta urakkatarjous voidaan sen pohjalta toteuttaa. Tietoa urakkalaskennan tarpeista haettiin urakoitsijoiden haastatteluilla. Diplomityö toteutettiin yhteistyössä Ponvia Oy:n, Liikenneviraston, Helsingin kaupungin rakennusviraston, Insinööritoimisto Seppo Rantalan, YIT:n ja Oulun yliopiston kesken.



Kuva 3. Perinteinen ja tietomallipohjainen kustannuslaskentaprosessi (Eastman 2011).

### 2.1.2 Hosai Saifi

Hosai Saifin diplomityön aiheena oli "Integration of Building Information Modeling and Finite Element Analysis in Bridge Engineering". Diplomityö on kirjoitettu englanninkielellä. Työ toteutettiin 2012 Liikenneviraston, Aalto-yliopiston, Oulun yliopiston, A-Insinöörit Oy:n, WSP Finland Oy:n ja Tekla Oyj:n kanssa. Tavoitteena oli tutkia siltojen tietomallintamiseen ja FEA-laskentaan käytettävien ohjelmien keskinäistä tiedonsiirtoa avoimia ja ohjelmistokohtaisia formaatteja käyttäen. Työssä tutkittuja ja kokeiltuja ohjelmia olivat Autodesk Revit, Tekla Structures, Robot Structure Analysis, Robot Structure Software, SCIA, LUSAS ja SOFISTIK.



Kuva 4. Sillan BIM-tietomalli (ylempi kuva) ja FEA-analyysimalli (alempikuva), Hosai Saifi.

### 2.1.3 Antti Karjalainen

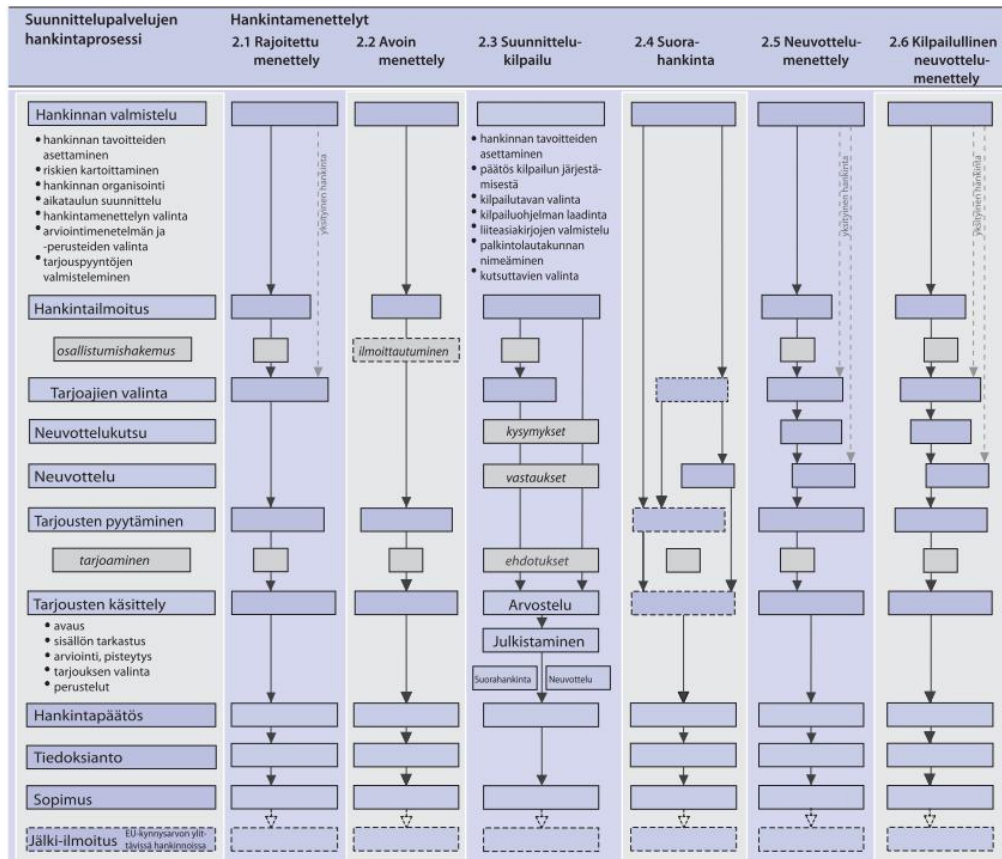
Antti Karjalaisen diplomityön tavoitteena oli avoimen tiedonsiirron kehittäminen siltojen tietomallintamiseen. Diplomityö toteutettiin 2013–2014 yhteistyössä WSP Finland Oy:n, Liikenneviraston ja Oulun yliopiston kesken. Avointa tiedonsiirtotapaa tutkittiin tavoitteena määrittää ohjelmistoista riippumaton ratkaisumalli tietosisältöjen tuottamiseen eri vaiheissa ja tiedonsiirtoon vaiheiden välillä suunnittelun lähtötiedoista rakentamista varten laadittuun rakennussuunnitelmaan saakka. Avointa tiedonsiirtoa kokeiltiin useassa sillan tietomallipohjaisessa suunnittelussa, joista suurin osa oli rakennussuunnitelmia, mutta joukkoon mahtui myös yleis- ja tiesuunnitelmavaiheen hankkeita. Joissakin kohteissa suunnittelu kattoi yleis- tai tiesuunnitelman lisäksi rakennussuunnitelman sekä mallin luovuttamisen rakennusurakkaan.



Kuva 5. Sillan ja siihen liittyvän infran avoimet tietomallit (Antti Karjalainen 2014).

#### 2.1.4 Vernerin Lehtovirta

Vernerin Lehtovirran diplomityön aiheena oli ”Tietomallipohjainen hankintaprosessi sillansuunnittelussa”. Työ toteutettiin 2012 yhteistyössä Liikenneviraston, Helsingin kaupungin rakennusviraston, WSP Finland Oy:n, Aalto-yliopiston ja Oulun yliopiston kesken.



Kuva 6. Suunnittelupalveluiden hankintamenetelmiä (Lehtovirta, Rakennustieto 2010).



## 2.2 Yritysten osaprojektien toteutus

### 2.2.1 A-Insinöörit Oy

A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n tavoitteena 5D-SILTA3 -projektissa oli sillan tietomallipohjainen suunnitteluprosessin kehittäminen, siltasuunnittelijan mallinnustyökalujen määrittelyt, uusien sovellusten testaukset, soveltaminen ja käyttöönotto.

Pilottikohteita valittiin toteutettavaksi neljä; Nybron sillan uusiminen (Kristiinankaupunki), Kehä III Lentoasemantien tukimuurit ja S143 Karhumäen ylikulkukäytävä sekä Vt4-Vt7 kehäsillat S6 ja S12. Valituista kohteista kehäsillat S6 ja S12 jäivät toteuttamatta, sillä ne päädyttiin korvaamaan vaihtoehtoisella ratkaisulla. Kaikilla kohteilla oli jokin erityispiirre, minkä vuoksi ne valittiin pilottikohteiksi. Tavoitteena oli koekäyttää ja kehittää olemassa olevia ja uusia työkaluja ja menetelmiä. Yksi iso tavoite oli väylän ja silta- ja taitorakenteiden suunnitelmien yhdistäminen sekä avoimeen tiedonsiirtoon perustuva kokeilu suunnittelutiedon siirtämisestä mittaus- ja koneohjausjärjestelmiin.

Kaikille pilottikohteille asetettiin yhteiseksi tavoitteeksi se, että niistä ei tuotettaisi lainkaan perinteisiä piirustuksia. Tähän liittyen huomiota päätettiin kiinnittää myös suunnitelmien tarkastamiseen tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa, sillä perinteisesti suunnitelmat on tarkastettu 2D-piirustuksista.

Nybron sillan rakennussuunnittelu käynnistettiin A-Insinöörit Suunnittelu Oy:ssä keväällä 2012. Silta korvaa paikalla olevan nykyisen Nybron sillan. Aiemmissa tarkasteluissa oli todettu vanhan sillan korjaaminen kannattamattomaksi ja teräspalkkirakenteinen silta siltapaikkaan sopivaksi. Lisäksi sillan yli kulkevalle väylälle rakennetaan kevyen liikenteen väylä, jonka vuoksi siltaa myös levennetään nykyisestä.

Kohde mallinnettiin Tekla Structures -ohjelmiston versiolla 17.0. Silta on tyypiltään liittorakenteinen teräsbetonikantainen teräksinen jatkuva ulokepalkkisilta. Uusimisen jälkeen sillan jännemitta on  $(2,5) + 17 + 24 + 24 + 20 + (2,5)$  m ja hyötyleveys 12,25m. Silta sijaitsee Kristiinankaupungissa.



Kuva 7. Nybron silta

Sillan luonnonkiviset tukirakenteet oli tarkoitus alun perin laserkeilata ja keilauksesta saatavia mittaustuloksia hyödyntää sillan uusimisen yhteydessä. Suunnittelun aikana todettiin, että välituet ovat huonokuntoiset ja myös ne uusitaan. Näin ollen laserkeilaus päätettiin jättää tekemättä, sillä koettiin että siitä ei olisi saatu lisäarvoa suunnittelua varten.



Kuva 8. Nybron silta nykyisellään.

Siltaan liittyvästä väylästä tehtiin väylämalli Tekla Civil-ohjelmistolla. Väylämallista saatu pintarakenteen yläpinta ja nykyinen maanpinta yhdistettiin siltasuunnitelmaan käyttäen apuna Teklan omaa SurfaceTool-työkalua. Tätä työkalua käytettäessä pintarakenteet mallintuvat natiiviobjekteina. Pintarakenteen yläpinta ja nykyinen maanpinta tuotiin siltasuunnitelmaan myös referenssinä.

Sillan suunnittelussa lähdettiin kokonaisuudessaan siitä ajatuksesta, että perinteisesti tuotettavat toteutuspiirustukset korvataan tietomallilla. Tiedossa oli myös, että tilaus siltaurakasta tullaan tekemään mallipohjaisesti. Nämä lähtökohdat asettavat erityisiä haasteita mallintamistarkkuudelle ja liittyville organisaatioille, muun muassa tarkastusprosessin ja tarjouslaskennan kannalta.

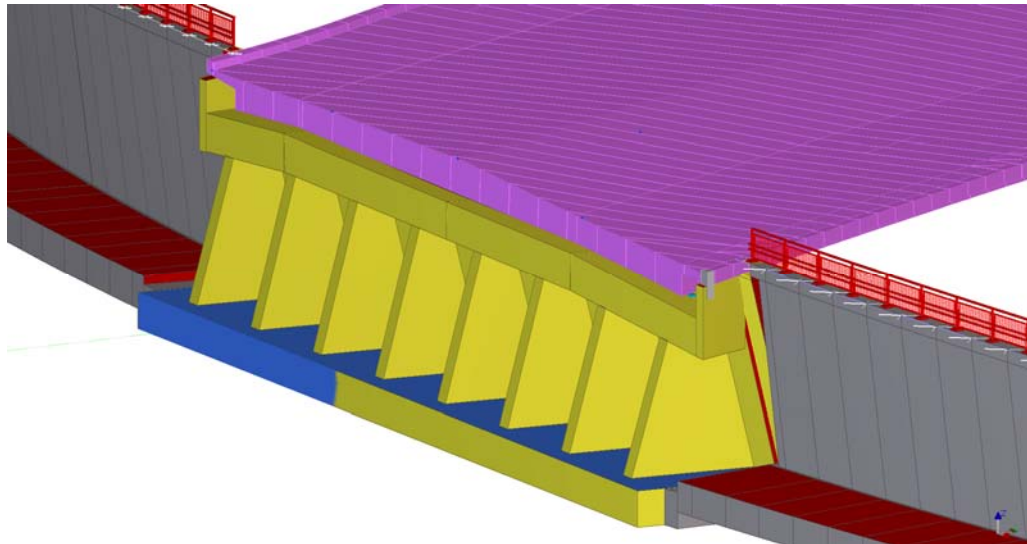
Mallintamisessa haluttiin ottaa huomioon mahdollisimman hyvin teräsosien konepajatuotanto. Suunnitteluprosessin aikana pidettiin kaksi yhteistä palaveria Ruukin kanssa ja suunnittelijat kävivät tutustumiskäynnillä konepajalla. Tapaamisilla pyrittiin selvittämään konepajatuotannon tarpeita tietomallintamiselle ja käytiin läpi myös suunnitteluohjelmiston mahdollisuuksia tuottaa tietoa konepajatuotantoa varten. Keskustelua Ruukin kanssa ja suunnittelijoiden kesken käytiin myös siitä, otetaanko sillan esikohotus huomioon mallissa vai mallinnetaanko lopullinen muoto. Silta päätettiin mallintamaan lopullisessa muodossa Liikenneviraston siltojen tietomalliohjeen mukaan

([http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo\\_2011-08\\_siltojen\\_tietomalliohje\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2011-08_siltojen_tietomalliohje_web.pdf)).

Kohde mallinnettiin Tekla Structures -ohjelmiston versiolla 18.0. Kohde oli osa isompaa kokonaisuutta, Kehä III ja Lentoasemantien parantaminen. Kohde päätettiin mallintaa sekä liittyvien rakenteidensa että määränsä vuoksi.



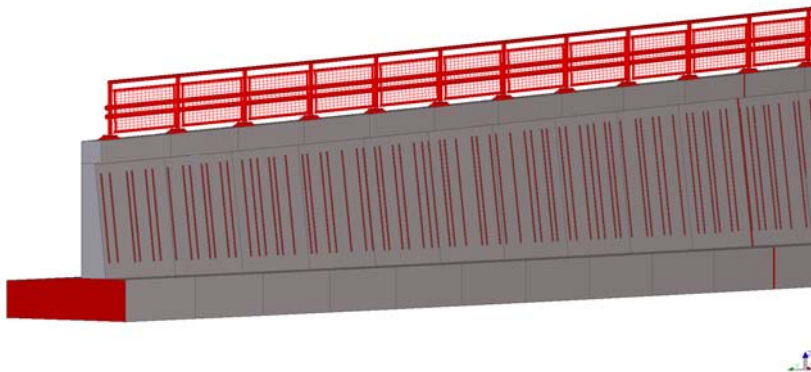
Tukimuurit liittyivät päistään siltaan, jonka suunnitteli toinen konsultti. Avointa tiedonsiirtoa testattiin kyseisen konsultin kanssa mallipohjaisesti siten, että he lähettivät IFC-muodossa sähköpostitse tukimuuriin liittyvän osan sillan kannesta ja sillan maatukeen liikuntasaumalla liittyvät ulokkeet. IFC-tiedosto yhdistettiin referenssimallina tukimuuri malliin, jotta liittymiskohtia voitiin tarkastella parhaalla mahdollisella tavalla.



*Kuva 9. Sillan kannen IFC-referenssimalli tuotuna tukimuuri malliin. Näkyvillä myös reunapalkin yläpinta referenssitietona, minkä mukaan tukimuurien geometria mallinnettiin.*

Tukimuurien geometria mallinnettiin suoraan väylämallin mukaan. Yhteistyössä väyläsuunnittelijan kanssa mallinnettiin Tekla Civil -ohjelmistolla tukimuurin reunapalkin yläpinnan linja, joka tuotiin dwg-muodossa referenssiksi Tekla Structuresiin. Tämän referenssin avulla mallinnettiin tukimuuri oikealle sijainnille oikealla geometrialla. Tukimuurien mallintamisessa kokeiltiin erilaisia työkaluja niiden monimuotoisen geometrian vuoksi. Tukimuureissa esiintyi sekä pysty- että vaakatasossa kaarevuutta ja seinien etu- ja takapinnat ovat kaltevia, molemmat eri kaltevuudella. Testaamisen jälkeen päädyttiin mallintamaan tukimuurit nk. manuaalisesti nimenomaan monimuotoisen poikkileikkauksen vuoksi.

Tukimuurien näkyviin jääviin pintoihin oli suunniteltu koristelijoja ja pintakuviointia, jotka toistuvat epäsäännöllisellä jaolla. Näiden mallintamisen apuna käytettiin jo aikaisemmin kehitettyä työkalua, joka on alun perin tehty kaidetolppien mallintamiseen. Työkalu ei ollut suoraan soveltuva tähän tarkoitukseen ja sitä kehitettiin kohteen mallintamisen yhteydessä jotta se toimisi paremmin ja olisi hyödynnettävissä useammassa käyttökohteessa. Työkalu on A-Insinöörien itse kehittämä.



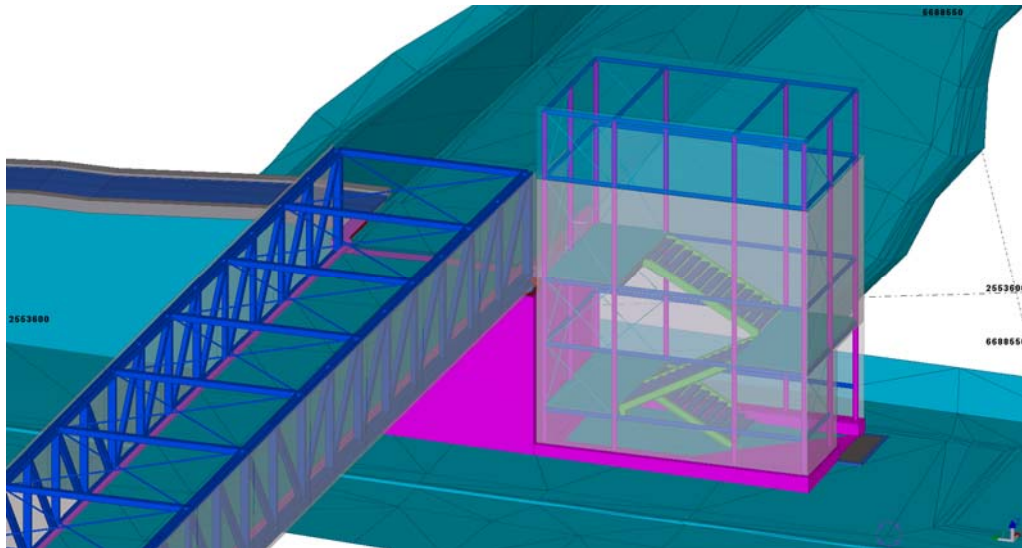
Kuva 10. Tukimuurin pinnassa oleva epäsäännöllinen pintakuviointi.

S143 Karhumäen ylikulkukäytävä mallinnettiin Tekla Structures -ohjelmiston versiolla 18.0. Kohde on osa isompaa kokonaisuutta, Kehä III ja Lentoasemantien parantaminen. Silta on teräksinen ristikkosilta, jonka jännemitta on 45m ja hyötyleveys 6m.

Kohteesta oli olemassa alustava pääpiirustus dwg-muodossa, joka tuotiin referenssiksi paikalliskoordinaatistoon. Sillan molemmissa päissä on teräsrakenteiset porrastornit ja luiskat, jotka rakennetaan sillan kanssa samanaikaisesti. Teräsrakenteisille hissitorneille jätetään varaukset molemmissa päissä luiskien viereen. Kohde päätettiin mallintaa nimenomaan kohteen sisältämien teräsrakenteiden vuoksi.

Kohteessa testattiin ohjelmistojen välistä tiedonsiirtoa siten, että sillan ja luiskien rakenne mallinnettiin alustavasti Rhinoceros-ohjelmistolla. Ohjelmistosta on olemassa linkitys mitoitusohjelmistoon. Rakenteen mitoituksen jälkeen rakenne korjattiin Rhinocerosella, minkä jälkeen se siirrettiin suoraan Tekla Structuresiin. Ohjelmistosta toiseen siirrettiin mallissa rakenteen profiilitiedot, sijainti ja geometria. Rakenteen mallintamista jatkettiin Tekla Structuresissa mallintamalla porrastornit sekä kaikki kokonaisuuteen kuuluvat betonirakenteet.

Erityisen olennainen osa kohteen mallintamisessa oli maanpintojen tuominen malliin A-Insinöörien itse kehittämän työkalun avulla. Maanpinnoista tuotiin malliin natiivimuodossa kartoitettu kalliopinta, nykyinen maanpinta mihin sisältyy nykyinen lentoasemantie sekä suunniteltu päällysrakenteen yläpinta. Maanpintojen avulla sovitetiin rakenne maastoon sopivaksi korkoasemiensa suhteen. 2D-muotoista tietoa ei käytetty tähän sovittamiseen lainkaan.

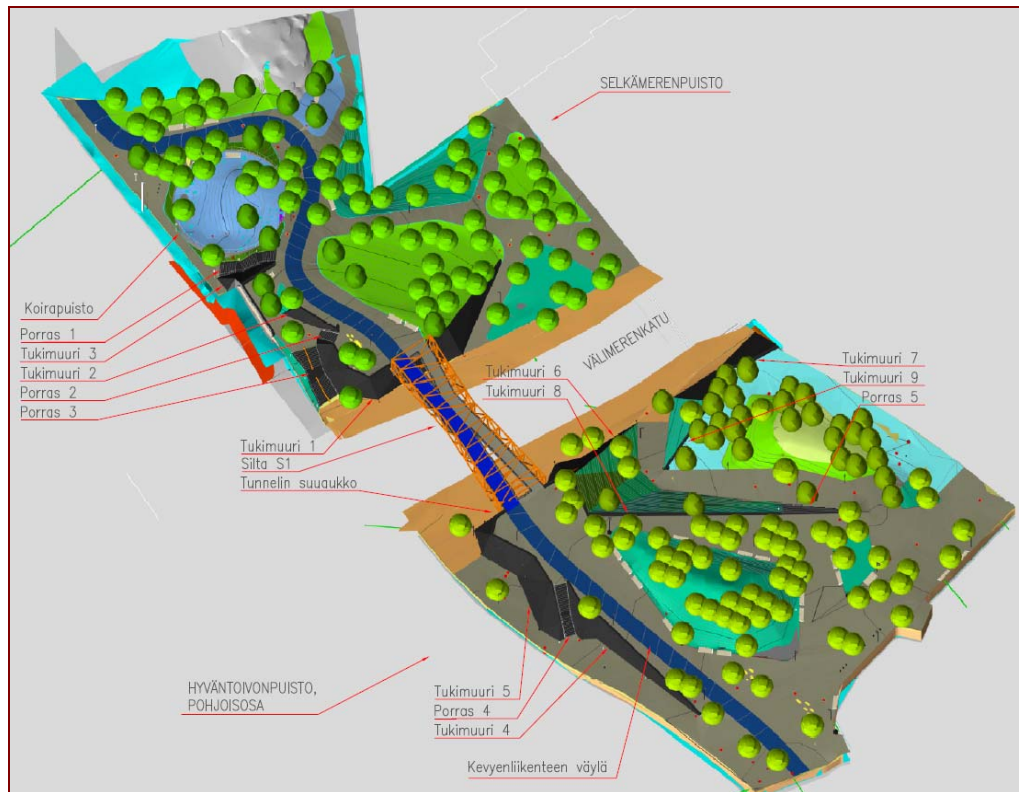


Kuva 11. Karhumäen ykk rakenteet sovitettuna suunnitellun pintarakenteen yläpinnan kanssa (A-Insinöörit Oy).

### 2.2.2 Ponvia Oy

Ponvia Oy:n osaprojektissa tutkittiin siltojen tietomallintamista Helsingin kaupungin Hyväntoivonpuisto-hankkeessa. Projekti toteutettiin yhteistyönä Ponvia Oy:n, Helsingin kaupungin rakennusviraston, VSU Oy:n, Geobotnia Oy:n ja Plaana Oy:n kesken. Hyväntoivonpuisto on Helsingin Jätkäsaaren tuleva koko alueen läpi kulkeva kaarevalinjainen puisto (kuva 12). Yli kilometrin pituinen puisto muodostaa lähikortteleineen alueella aukottoman vyöhykkeen. Puistossa kulkee jalankulun ja pyöräilyn pääreitti, joka johtaa alueen muihin puistoihin ja merenrantaan. Puisto nostetaan täyttömailla nykyistä maanpinnan tasoa korkeammalle, jolloin kevyen liikenteen yhteydet jatkuvat silloilla pääkatujen yli. Pilottiprojektissa mallinnettiin Selkämerenpuisto sekä Hyväntoivonpuiston pohjoisosaa.

Tavoitteena oli laatia rakenteista yksityiskohtaiset tietomallit, joita hyödynnetään jo suunnitteluvaiheessa alueelle suunniteltavien muiden rakenteiden yhteensovittamisessa. Tavoitteena oli, että tietomalli on laajennettavissa ja yhdistettävissä alueen muiden tietomallien kanssa. Tietomalleja käytetään rakennusvaiheessa rakennustyön toteutussuunnitelmina sekä laadunvarmistuksessa ja hankkeen projektinjohtamisen apuvälineenä. Rakenteiden valmistuttua tietomallia käytetään sekä tarvittaessa täydennetään, huollon ja ylläpidon tehtävissä. Taitorakenteiden suunnittelussa on Suomessa perinteisesti käytetty Tekla Structures -ohjelmistoa. Hankkeen tilaajalla eli HKR:llä oli ohjelman soveltuvuudesta jo omakohtaista kokemusta ennen Hyväntoivonpuisto-projektin alkamista. Pilotissa haluttiin saada kokemuksia myös muista tietomallinnusohjelmistoista, sillä yhden ohjelmiston liian vahva markkina-asema ei ole toivottavaa. Pilotissa testattavaksi ohjelmistoksi valittiin Autodeskin Revit Structure -ohjelmisto. Pilotissa oli tarkoitus kartoittaa Revit Structure -ohjelman soveltuvuus taidetukimuurien tietomallin luomiseen.



Kuva 12. Hyväntoivonpuiston mallinnettu alue (Ponvia Oy).

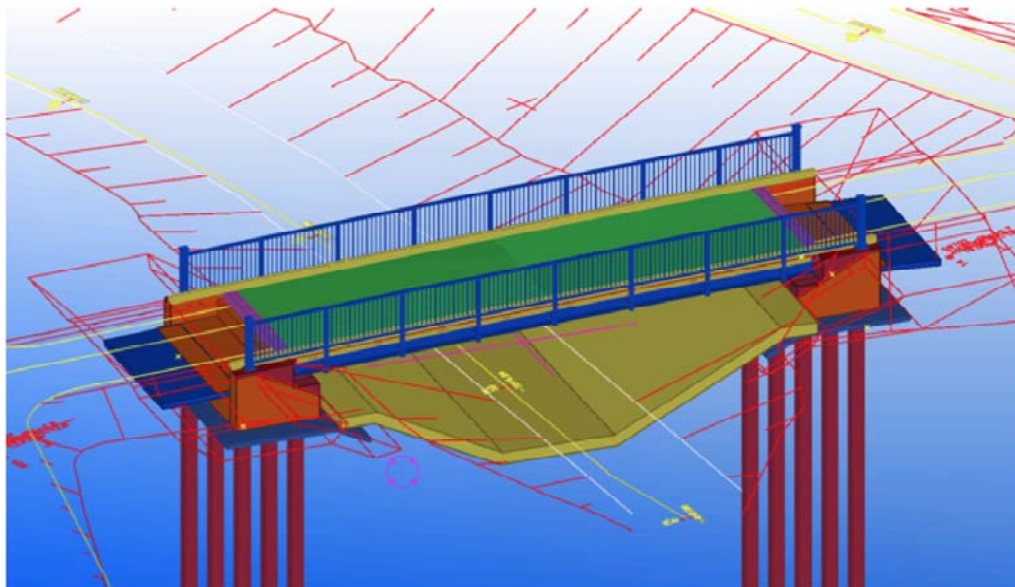
### 2.2.3 Sito Oy

Pilotoinnin (Vartiokylän sillat) tarkoituksena oli Tekla Structuresin käyttöönotto Sitossa, siltojen tietomallinnuksen valmiusasteen ja osaamisen nostaminen, Liikenneviraston tietomalliohjeen testaaminen sekä rakentamisen mallipohjainen hankinta. Tekla Structuresin käyttö siltojen tietomallintamisessa aloitettiin Sitossa vuonna 2011.

Helsingin Vartiokylään suunniteltiin kaksi puukantista teräspalkkisiltaa. Molempien siltojen hyötyleveys oli  $HL = 4,0$  m ja jännemitta 11,0 m ja molemmat sillat olivat yksiaukkoisia. Siltojen maatuot olivat teräsbetonisia ja ne oli perustettu porapaaluille. Pääkannattimet olivat Melatien jatkeen sillalla HE360B-palkkeja ja Varjakanpuiston sillalla HE400B-palkkeja; molemmissa silloissa palkkeja oli seitsemän. Palkkien väliin suunniteltiin lattateräksiset sitomaan palkit yhteen. Lattateräksiset kiinnitettiin palkkeihin pulttiliitoksilla. Kannen poikkikannattimet muodostuivat syrjällään olevista toisiinsa naulatuista painekyllästetyistä mäntysoiroista. Poikkikannattimien päälle tuli kulu- tuskerros, joka muodostui kyljellään olevista painekyllästetyistä mäntysoiroista. Silta suunniteltiin siten, että puukansi voidaan vaihtaa irrottamatta teräsrakenteita.

Tavoitteena oli tuottaa molemmista silloista rakennussuunnitelmat tietomallintamalla, sekä käyttää 3D-muodossa tuotettua lähtöaineistoa mahdollisimman tehokkaalla tavalla ja testata InraRYL-nimikkeistön käyttöä mallintamisessa. Tavoitteena oli myös rakentamisen mallipohjainen hankinta.

Molemmat sillat mallinnettiin Tekla Structures 17.0-versiolla. Kaikki lähtötiedot saatiin 3D-muodossa. Molempien siltojen tietomallit sisälsivät betonirakenteet raudoituksineen, kantavan teräsrakenteen, puukannen, teräksiset kaiteet, pilaristabiloinnin, maan ja kallion pinnat sekä ympäröivää väylägeometriaa.



Kuva 13. Melatien jatkeen sillan tietomalli (Sito Oy)

Tietomalleissa käytettiin rakenneosien ryhmittelyyn (Phase) määrälaskentaohjetta ja rakenneosien numerointiin (Class) InfraRYLin mukaista tapaa.

Perusmallinnus Tekla Structuresilla sujui kohtuullisen hyvin. Kaarevien muotojen mallinnus ja tarkistus ohjelman sisällä osoittautui työlääksi. Tämän takia apuna käytettiin dwg-tiedostoa, johon oli koottu lähtötiedot sekä sillan viiva/solid-malli. Kyseinen dwg-tiedosto tuotiin referenssinä Structuresiin, jolloin geometriamallin tarkistaminen helpottui.

Mallinnuksen edetessä huomattiin, että dwg-muodossa olevien lähtötiedostojen optimoituja taiteviivoja ei voi tehokkaasti käyttää mallintamisen apuna. Huomattavasti parempi lähestymistapa oli muodostaa riittäväällä tarkkuudella kolmioitu pintamalli, jossa rahtien solmupisteet sijaitsivat väylän paalutuksella. Huomattiin myös, että lähtötietojen siistiminen oli oleellista.

Siltojen piirustustuotanto oli tässä kohteessa työlästä. Osasyynä oli mallintajan kokemattomuus Tekla Structuresin käytöstä sekä piirustusten sisällön ja esittämistavan tavoitetason määrittely. Muita ongelmakohtia olivat kaarevan ja kallistetun geometrian esittäminen ja mitoittaminen sekä mallintamisessa tehtyjen valintojen vaikutus piirustusten järkevään ja tehokkaaseen muodostamiseen.

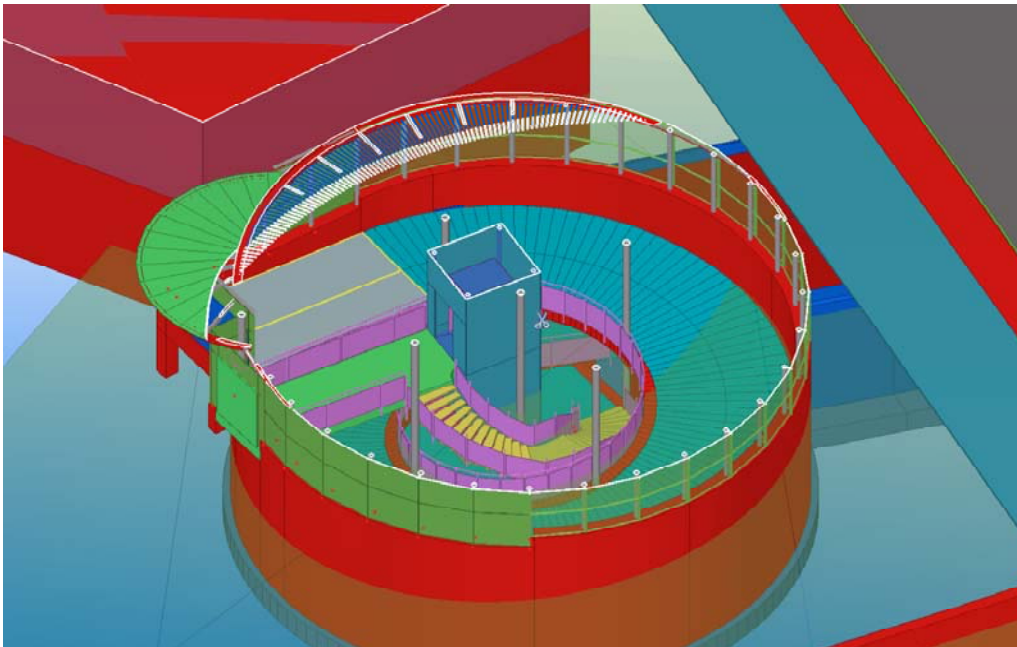


### Töölönlahden pyörätunneli

Siltapaikka sijaitsee Helsingissä Kluuvin kaupunginosassa Helsingin päärautatieaseman välittömässä läheisyydessä. Tasonvaihtorakenteen sisähalkaisija on 9 m. Sen sisähalkaisijaa kiertää polkupyörä-ramppi, jonka hyötyleveys on rampin osuudella 4.5 m. Pyöräliikenteelle varattu ramppi laskeutuu tasosta +3.2 spiraalimaisesti 7 % kallistuksella tunnelin tasoon -1.24 jossa ramppi jatkaa olemassa olevaan tunneliin asti. Jalankulkijoille varattu kevyenliikenteen väylä alkaa tasosta +3.2 ja jatkuu vaakatasossa portaalle ja hissille. Portaassa on yksi lepotaso. Alatasolta korkeudelta -0.77 lähtee luiska 5 % kallistuksella päättyen tunnelin tasoon -1.31.

Tavoitteena oli tunnelin tietomallintaminen yleissuunnitelmatasoisesti sekä tunneliin liittyvän lasikatteisen siirtymärampin luonnosten ja valitun vaihtoehdon tietomallintaminen. Kohteesta tehtiin Tekla Structuresilla luonnoksia, joista saatiin alustavia määrätietoja sekä eri vaihtoehtojen 3D-pdf-tulosteita. Lopullinen yleissuunnitelma-malli tehtiin Autocad-ohjelmalla TS-mallin pohjalta. Visualisointi tehtiin puolestaan 3D Studio Maxilla. Tietomallissa käytettiin yhdistettyä Talo2000 ja InfraRYL2006-nimikkeistöä.

Tietomalli sisälsi suurimmat paikalla valettavat betoniosat lukuun ottamatta tasonvaihtorakenteen rampin alle suunnitellun sähkökeskuksen edellyttämiä betoniseiniä rampin ja portaiden alla. Varusteista mallinnettiin rampin sisäkaiteet ja portaiden kaiteet. Malli ei sisältänyt tasonvaihtorakenteen ulkopuolisia, tunneliosuuden ja rampin ulkoreunan kaiteita.



Kuva 14. Pyörätunnelin tietomalli (Sito Oy)

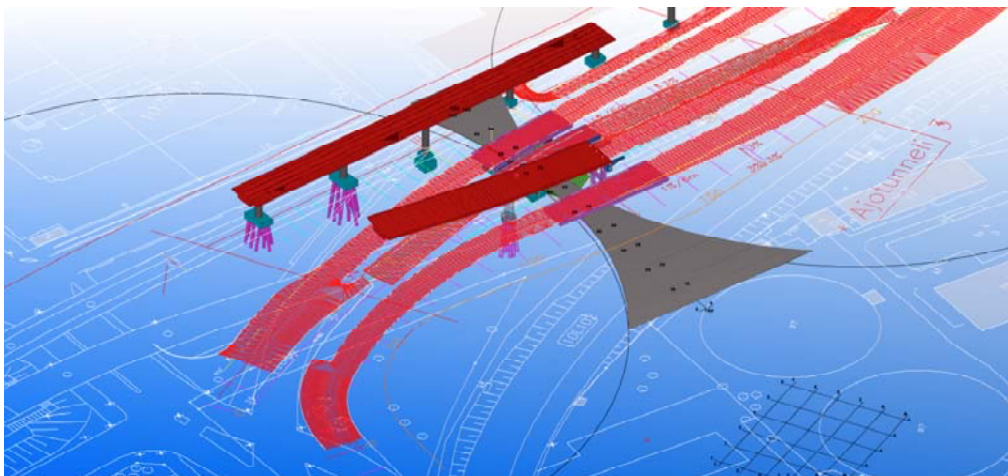


Kuva 15. Pyörätunnelin havainnekuva (Sito Oy)

#### Junatien alikulkukäytävä

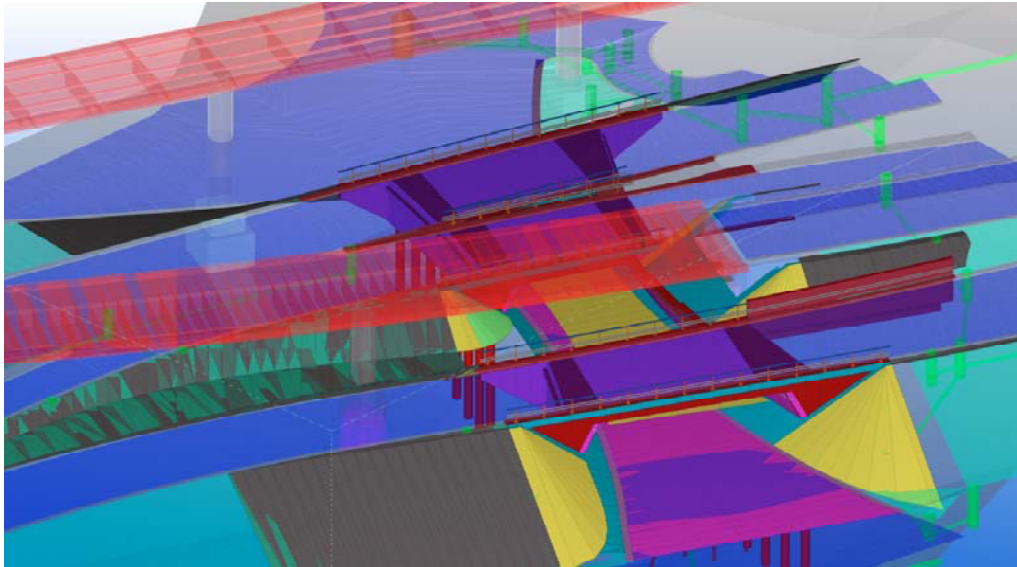
Junatien ja Festarikujan siltapaikka sijaitsee Helsingissä Suvilahden alueella. Siltapaikalle tulee kolme uutta siltaa: Junatien alikulkukäytävät S1, S2 ja S3. Uudet sillat ovat tyypiltään yksiaukkoisia teräsbetonisia laattasiltoja. Siltojen keskimääräiset jännemitat ovat: S1 15,3 m; S2 12,5 m; S3 14,3 m. Hyödyllinen leveys: S1 8,1...8,7 m ja silta levenee tuelta T1 tuen T2 suuntaan; S2 7,6 m; S3 8,1 m. Siltojen pituus- ja poikkisuuntaiset kallistukset ovat: S1 0,045 / 3% oikealle; S2 ; S3 0,058...0,037 ja pyörissyssäde  $S=1500\text{m}$  / 3% oikealle.

Tavoitteena oli alikulkukäytävän siltojen yleissuunnitelmatasoinen suunnittelu ja sen jälkeen rakennussuunnitelmien tietomallintaminen. Kohteesta tehtiin luonnoksia Tekla Structuresilla tietomallintamalla ja valittu vaihtoehto mallinnettiin rakennussuunnitelmatasoon.



Kuva 16. Junatien alikulkukäytävä (Sito Oy).

Tietomalliin koottiin olemassa olevat sillat, arvioitu kalliopinta, uudet väylägeometriat, olemassa olevat rakenteet ja kuivatus referensseiksi ja mallinnettiin uudet silta-, keila- ja tukimuurirakenteet.



Kuva 17. Junatien alikulkukäytävä tietomallimuotoinen rakennussuunnitelma (Sito Oy).

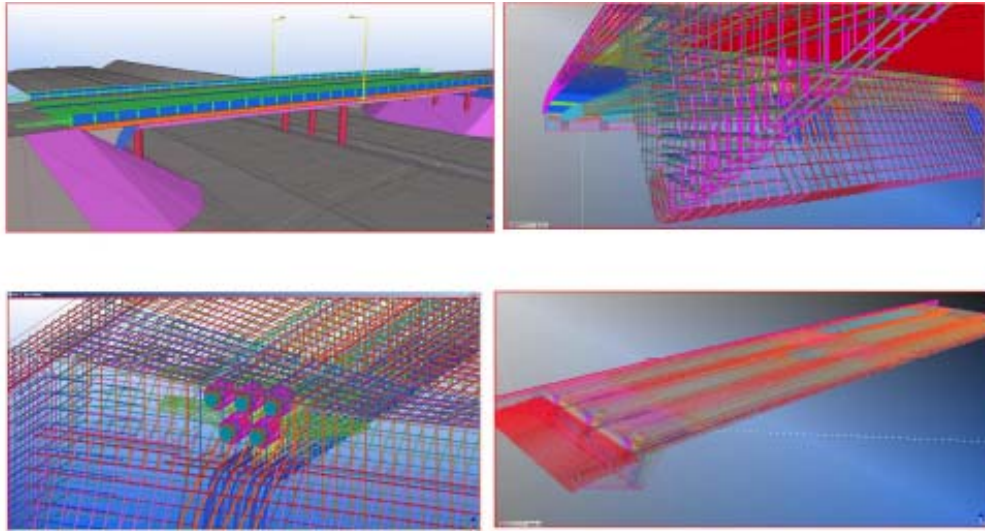
Junatien kohteen siltojen mallintamisessa oli haasteena kaarevien geometriamuotojen hallinta ja tästä johtuen raudoituksen mallintaminen. Geometriaa ei yksinkertaistettu mallintamista varten. Raudoituksessa ei pystytty käyttämään tarpeeksi hyvin raudoitusryhmiä, joka johti suureen yksittäin tehtyjen betoniterästen määrään. Mallintamisen alussa testattiin BeamExtruderin ja CIP-raudoitustyökalun käyttöä. Monimuotoinen geometria kuitenkin olisi johtanut geometrian epäjatkuvuuteen ja mallin hankalaan tarkastamiseen. BeamExtruderin ja CIP-raudoitustyökalun käyttö kaarevasti nousevissa ja laajenevissa maatuissa olisi ollut työlästä.

Piirustukset pyrittiin esittämään niin, että kokonaisuudet on jaettu osiin. Esimerkiksi kannen raudoitus jaettiin kolmeen näkymään: kannen alapinta, yläpinta ja haat. Piirustuksissa käytettyä filttärointiä vietiin eteenpäin kuvatuotannon aikana.

#### 2.2.4 Siltanylund Oy

Siltanylund Oy kokeili sillan rakennussuunnitelman tietomallipohjaista tarkastamista. Tehtävä liittyi osaksi Juha Noeskosken väitöskirjaa taitorakenteiden mallipohjaisesta tarkastamisesta. Siltanylundin tehtäväosuudessa suunniteltiin Liikenneviraston tietomalliohjeen mukaisesti mallintamalla pilottihankkeena ollut Joensuun S15 Repokallion risteyssilta. Mallinnustyön toteutti Heikki Myllymäki Tekla Structures 17.1 (Precast Concrete Detailing) -ohjelmalla FMC Groupin kehittämässä ympäristössä suorittaen samalla myös tarkastuslistojen avulla itselleluovutuksen. Pääsuunnittelusta ja suunnittelutoimiston omasta tarkastuksesta vastasi Siltanylundin Juha Litmanen, joka kokosi myös pilotin loppuraportin. Tarkastustyötä kokeiltiin erikseen myös suunnittelijan, urakoitsijan, viranomaisen ja tilaajan osanäkökulmista. Siltasuunnitelman mallipohjaisessa tarkastuksessa kokeiltiin Tekla Structures, Tekla BIMsight ja Solibri Model Viewer -ohjelmia. Mallipohjaisen tarkastuksen työmääriä ja laatua verrattiin perinteiseen 2D-suunnitelmien tarkastamiseen.





Kuva 18. Näkymiä Joensuun kehätien S15 Repokallion risteys sillan tietomalliin (Sito Oy).

## 2.3 Työpajojen toteutus

### 2.3.1 Työpaja 1 "Työnsuunnittelu"

Työpaja 1 pidettiin 13.4.2011 Rantasipi Airport Congress Centerissä Vantaalla. Työpajaan osallistui 5D-SILTA3 -konsortion jäseniä yhteensä 22 henkilöä. Tavoitteena oli silta-alan yhteisen kehittämisvision ja työohjelman suunnittelu. Workshopin vetivät Rauno Heikkilä Oulun yliopistosta ja Timo Tirkkonen Liikennevirastosta. Työpajassa tehtiin kolme ryhmätyötä "kokonaiskuvan muodostaminen", "täsmäsuunnittelu" ja "jatkokotoimien ohjelmointi". Työpajasta on laadittu oma osaraportti.

Työpajan 1 osallistujat:

1. Timo Tirkkonen, Liikennevirasto
2. Risto Hättinen, Siltanylund Oy
3. Marja-Kaarina Söderqvist, Liikennevirasto
4. Peter Henny, HKR
5. Ari Kouvalainen, Sito Oy
6. Juha Noeskoski, Liikennevirasto
7. Kirsi Hänninen, VRT Vesirakennetutkimus Oy
8. Antti Karjalainen, WSP
9. Pekka Vähäkainu, Future CAD Oy
10. Kari Kuusela, Ponvia Oy
11. Jarkko Savolainen, A-Insinöörit Oy
12. Mauri Kuvaja, A-Insinöörit Oy
13. Pertti Kaista, Finnmap Consulting Oy
14. Tuomas Fjällström, Atostek Oy
15. Rauno Heikkilä, Oulun yliopisto
16. Erkki Mäkinen, Tekla Oyj
17. Pasi Nurminen, Destia Oy
18. Mauri Ketonen, Destia Oy
19. Janne Helander, Celsa Steel Service Oy
20. Ville Alajoki, HKR
21. Caspar Ålander, Celsa Steel Service Oy
22. Risto Parkkila, VR Track Oy



Kuva 19. Työpajan 1 herätekuva - Bay Bridge -sillan itäinen jänne (San Francisco-Oakland, Kalifornia) rakennusvaiheessa. Kannen suurlohkot on mallinnettu suomalaisella Tekla Structures -ohjelmalla ja valmistettu Sanghaissa Kiinassa, josta laivattu rakennuspaikalle asennettavaksi.

## 2.32 Työpaja 2 ”Siltojen tuotemallintamisen kipukohdat”

Työpaja 2 pidettiin 22.3.2012 VR:n pääkonttorilla Helsingissä. Työpajaan osallistui 5D-SILTA3-konsortion jäseniä yhteensä 18 henkilöä. Tavoitteena oli siltojen tuotemallintamisen kehittäminen ja laajan käyttöönoton nopeuttaminen. Osatavoitteita olivat siltojen tuotemallintamisen kehittäminen ja laajan käyttöönoton nopeuttaminen, mallintamisen kipukohtien tunnistaminen ja priorisointi, tarvittavan kehittämisohjelman suunnittelu, ohjelmistokehityksen aktivointi sekä jatkotoimenpiteiden ohjelmointi ja käynnistäminen. Työpajan vetivät Rauno Heikkilä Oulun yliopistosta ja Timo Tirkkonen Liikennevirastosta. Työpajassa tehtiin alustuspuheenvuorojen pohjalta kolme ryhmätyötä: ryhmätyö A: ”Siltojen tuotemallintamisen tunnistettuja kipukohtia – kipukohtien priorisointi ja kehittämisohjelman suunnittelu (alustuspuheenvuoro Antti Pekkala, A-Insinöörit Oy)”, ryhmätyö B: ”Kolmen esimerkkisillan pohjalta siltojen tuotemallintamisen kehittäminen (alustukset Tuomo Järvenpää Ponvia Oy, Jarkko Savolainen A-Insinöörit Oy, Ari Kouvalainen Sito Oy)” ja ryhmätyö C: ”Rakeneosanumeroinnin kehittäminen siltojen tuotemallintamisessa (alustuspuheenvuoro Ari Kouvalainen, Sito Oy)”. Ryhmätöitä varten jakaannuttiin työryhmiin R1, R2 ja R3. Työpajasta on laadittu oma osaraportti.

Työpajan 2 osallistujat:

1. Rauno Heikkilä, Oulun yliopisto
2. Timo Tirkkonen, Liikennevirasto
3. Juha Noeskoski, Liikennevirasto
4. Risto Parkkila, VR Track Oy
5. Klaus Kianen, Tekla Oyj
6. Hannu Suojanen, WSP Finland Oy

7. Eetu Parkkila, Ramboll Finland Oy
8. Antti Pekkala, A-Insinöörit Oy
9. Jarkko Savolainen, A-Insinöörit Suunnittelu Oy
10. Sampo Pilli-Sihvola, Tekla Oy
11. Ari Kouvalainen, Sito Oy
12. Antti Karjalainen, WSP Finland Oy
13. Verner Lehtovirta, WSP Finland Oy
14. Tuomo Järvenpää, Ponvia Oy
15. Kimmo Laatonen, VR Track Oy
16. Peter Henny, HKRO/KPO
17. Markus Tuuri, Celsa Steel Service Oy
18. Janne Helander, Celsa Steel Service Oy.

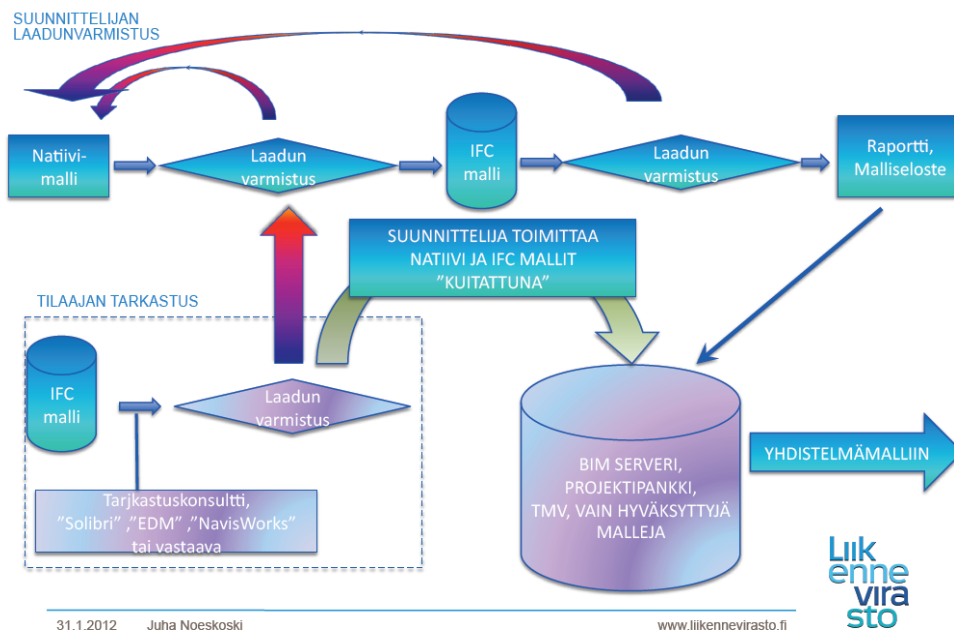
Avaukseksi Timo Tirkkonen esitteli tietomallien käyttöönoton tilannetta Liikennevirastossa (LiViBIM 2012–2014). Liikenneviraston BIM-kehittämispäällikköä ei vielä ollut tässä vaiheessa nimetty. Liikennevirasto oli aktivoitunut selkeästi ja asettanut uuden painopisteen tuottavuuden parantaminen tietotekniikan avulla. Vetovastuu oli annettu investointitoimialalle. Tietomallien käyttöönotto Liikennevirastossa (LiViBIM 2012–2014) -projektin tavoitteiksi oli asetettu mm. luoda edellytykset tietomallien tuottamiseen väylänpitoon yleissuunnittelusta alkaen, parantaa suunnittelun, rakentamisen ja kunnossapidon tuottavuutta tietotekniikan avulla, parantaa väylärakenteiden tiedonhallintaa koko elinkaaren aikana. Lisäksi tavoitteena oli avoimen standardien kehittäminen ja käyttöönoton edistäminen. Projektin aikataulu oli 1.1.2012–31.12.2014 ja vastuuhenkilöksi oli nimetty Harri Yli-Villamo. Suomessa silta-ala on edelläkävijä infra-alan tietomallintamisen kehittämisessä. Aiemmin kehitettyä Siltojen tietomalli-ohjetta on jatkossa päivitettävä ja uusi ohje liitettävä yleiseen InfraBIM-ohjeistukseen.



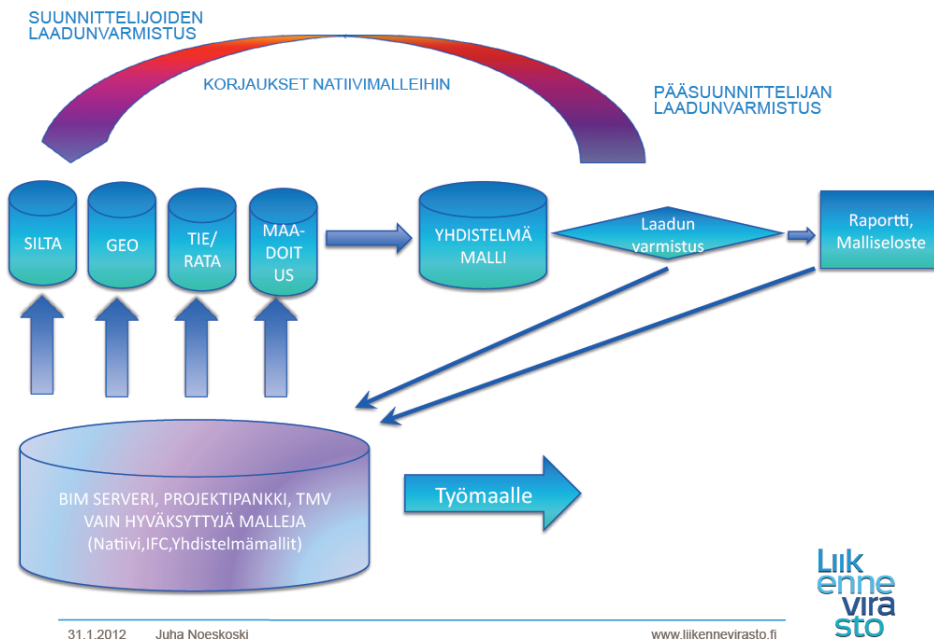
Kuva 20. Tietomallintamisen käyttöönoton haasteita (Liikennevirasto).

Alustuspuheenvuorossaan Juha Noeskoski esitteli Liikenneviraston tahtotilaa ja suunnitelmien tarkastamisen kehitystyötä. Liikennevirasto siirtyy tilaamaan vaiheittain mallipohjaista palvelua, jota hyödynnetään kaikissa väylänpidon vaiheissa alkaen suunnittelun tilauksesta ja jatkuen koko väylän ja sen osien elinkaaren ajan. Tavoitteena oli, että viimeistään 1.4.2014 pääosa haasteista pitäisi olla hallinnassa.

Liikennevirasto oli tutkinut ja koonnut siltojen rakennussuunnitelmien tarkastamisesta tilannetietoa vuodelta 2011 (liitteenä kalvosarja). Tarkastusraportteja oli yhteensä 45 sillasta. Virheitä löydettiin keskimäärin 30 kpl/silta, parhaassa suunnitelmassa oli vain 7 virhettä, huonoimmassa 122 virhettä, virheitä yhteensä havaittiin 1371 kpl. Liikenneviraston näkemyksen mukaan 80 % virheistä olisi pitänyt jäädä suunnittelu-toimiston omassa laaduntarkastuksessa jo pois. 20 % virheistä luokiteltiin suureksi tai merkittäväksi virheeksi. Kaikki em. suunnitelmat oli tehty paperipohjaisesti.



Kuva 21. Tietomallin laadunvarmistushahmotelma (Liikennevirasto).



Kuva 22. Yhdistelmämallin laadunvarmistushahmotelma (Liikennevirasto).



Kuva 23. Ryhmätyö käynnissä ryhmässä R1.



### 2.33 Työpaja 3 ”Siltojen ja väylien tietomallinnusintegraatio”

Työpaja 3 pidettiin 20.11.2012 VR:n pääkonttorilla Helsingissä. Työpajaan osallistui 5D-SILTA3 -konsortion jäseniä yhteensä 29 henkilöä. Tavoitteena oli siltojen ja väylien tietomallinnusintegraation kehittäminen. Työpajan vetivät Rauno Heikkilä Oulun yliopistosta ja Timo Tirkkonen Liikennevirastosta. Työpajassa tarkasteltiin konsulttien onnistumisia ja vaikeuksia suunnitelmamallien yhteensovittamisessa (alustuspuheenvuorot Juha Litmanen Siltanylund Oy, Antti Karjalainen WSP Finland Oy ja Risto Parkkila VR TRack Oy), urakoitsijoiden onnistumisia ja vaikeuksia väylien ja siltojen rakennustöiden yhteensovittamisessa (alustukset Kyösti Ratia Skanska Infra Oy ja Markku Savola Destia Oy), ohjelmistojen nykyiset valmiudet yhteensovittamisessa (alustukset Tuomas Hörkkö, Vianova Systems Finland Oy, Erkki Mäkinen Tekla Oyj, Juha Liukas Sito Oy, Lauri Harjula Finnmap Infra Oy), avoimen tiedonsiirron avulla yhteensovittamiseen (alustukset Juha Liukas Sito Oy ja Antti Karjalainen WSP Finland Oy) sekä väylien ja siltojen mallinnusohjeiden yhdistämistä (Harri Mäkelä, Innogeo Oy). Työpajasta on laadittu oma osaraportti.

Työpajan 1 osallistujat:

1. Risto Parkkila, VR Track Oy
2. Kimmo Laatusen, VR Track Oy
3. Timo Tirkkonen, Liikennevirasto
4. Heikki Myllymäki, Liikennevirasto
5. Antti Karjalainen, WSP Finland Oy
6. Pirjo Hypén, WSP Finland Oy
7. Kari Nikula, WSP Finland Oy
8. Matti-Esko Järvenpää, WSP Finland Oy
9. Jukka Karenniemi, Tekla Oyj
10. Erkki Mäkinen, Tekla Oyj
11. Kyösti Ratia, Skanska Infra Oy
12. Eetu Partala, Ramboll Finland Oy
13. Juha Litmanen, Siltanylund Oy
14. Risto Hättinen, Siltanylund Oy
15. Ville Alajoki, HKR
16. Peter Henny, HKR
17. Antti Pekkala, A-Insinöörit Oy
18. Arto Möttönen, A-Insinöörit Oy
19. Maria Kuuhimo, A-Insinöörit Oy
20. Sami Katisko, Finnmap Consulting Oy
21. Ari Kouvalainen, Sito Oy
22. Juha Liukas, Sito Oy
23. Tuomas Hörkkö, Vianova Systems Finland Oy
24. Janne Helander, Celsa-Steel Service Oy
25. Markus Tuuri, Celsa-Steel Service Oy
26. Markku Savola, Destia Oy
27. Pekka Ruuti, YIT Rakennus Oy
28. Lauri Harjula, Finnmap Infra Oy
29. Rauno Heikkilä, Oulun yliopisto

### 2.34 Työpaja 4 ”Taitorakenteiden tietomallinnusohjeen jatkokehitys”

Työpaja 4 pidettiin 12.3.2013 VR:n pääkonttorilla Helsingissä. Työpajaan osallistui 5D-SILTA3-konsortion jäseniä yhteensä 17 henkilöä. Tavoitteena oli taitorakenteiden tietomallinnusohjeen jatkokehitys. Työpajan vetivät Rauno Heikkilä Oulun yliopistosta ja Timo Tirkkonen Liikennevirastosta. Liikenneviraston nykyistä siltojen tietomalliohjetta esitteli Heikki Myllymäki.

Työpajan 1 osallistujat:

1. Timo Tirkkonen, Liikennevirasto
2. Heikki Myllymäki, Liikennevirasto
3. Timo Säkkinen, Ramboll Finland Oy
4. Eetu Partala, Ramboll Finland Oy, SW, TS
5. Markku Savola, Destia Oy, urakointi
6. Juha Litmanen, Siltanylund Oy, pääsuunnittelija
7. Markus Siidorow, Siltanylund Oy, korjaussuunnittelu
8. Risto Parkkila, VR Track Oy, sillansuunnittelu
9. Hannu Rautakoski, Ruukki Oyj, siltaprojektien myynti, teräsrakenteiden valmistus
10. Minna Salonsaari, A-Insinöörit Oy, Tampere, BIM-kehitysinsinööri
11. Jarkko Savolainen, A-Insinöörit Oy, suunnittelija
12. Vesa Järvinen, Ruukki Oyj, valmistusnäkökulma
13. Ilkka Vaara, Ruukki Oyj, BIM
14. Harri Mäkelä, Innogeo Oy, RTS - inframallinnusohjeiden ylläpitovastuu
15. Jukka Karenniemi, Tekla Oyj, tietomalliasiantuntija, koulutus & kehitys
16. Markus Tuuri, Celsa Steel Service Oy
17. Rauno Heikkilä, Oulun yliopisto

### 2.35 Työpaja 5 ”Siltojen tietomalliohjeen viimeistely”

Työpaja 4 pidettiin 11.4.2013 Liikennevirastossa Pasilassa. Työpajaan osallistui 5D-SILTA3 -konsortion jäseniä yhteensä 8 henkilöä. Tavoitteena oli viimeistellä siltojen tietomalliohjetta. Työpajan vetivät Heikki Myllymäki ja Timo Tirkkonen Liikennevirastosta. Liikenneviraston nykyistä siltojen tietomalliohjetta esitteli Heikki Myllymäki.

Työpajan 1 osallistujat:

1. Timo Tirkkonen, Liikennevirasto
2. Heikki Myllymäki, Liikennevirasto
3. Risto Parkkila, VR Track Oy
4. Eetu Partala, Ramboll Finland Oy
5. Minna Salonsaari, A-Insinöörit Oy
6. Jarkko Savolainen, A-Insinöörit Oy
7. Jukka Karenniemi, Tekla Oyj
8. Rauno Heikkilä, Oulun yliopisto

## 3 Tulokset

### 3.1 Opinnäytetöiden tulokset

#### 3.1.1 Anssi Mattila

Tietomallipohjainen taitorakenteiden suunnittelu yleistyy Suomessa, mutta yhteisiä kattavia pelisääntöjä tietomallien laatimiselle ei kuitenkaan ole olemassa. Urakoitsijalle tärkeintä on tietomallin oikeellisuus ja hyödynnettävyys. Rakenneosien tulee olla mallinnettu sovitulla tavalla ja tietomalliselosteesta tulee käydä selkeästi ilmi mallin rakenne ja logiikka. Urakoitsijoiden kokemukset tietomalleista ovat vielä puutteellisia, mistä johtuen malleihin ei vielä luoteta. Urakoitsijat näkivät INFRA-nimikkeistön tyyppisen luokittelun tarpeelliseksi keinoksi käsitellä ja hallita tietomallia. Tietomalliselostukseen on tarpeellista liittää rakennepuu, joka kokoaa mallin ja sitoo sen jo käytössä olevaan luokittelujärjestelmään.

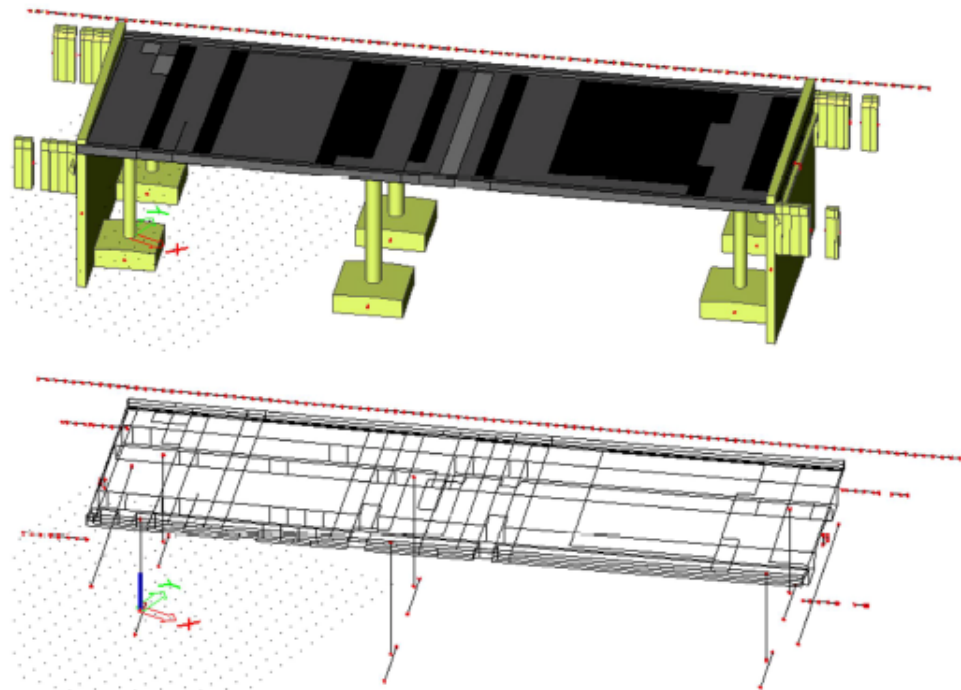
Tietomallin linkittäminen luokittelujärjestelmään voidaan tehdä suoraan tai epäsuorasti. Tietomallit vaativat yhteiset numerointi- ja nimeämissäännöt sekä laaduntarkastusohjeet, jotta standardinomainen tietomalli voidaan saavuttaa. Kohteen numerointi ja nimeäminen sidotaan INFRA-nimikkeistön tyyppiseen nimikkeistöön, jolloin rakennushankkeen kaikilla osapuolilla on käytössään yhteinen kieli. Tietomallin linkitys rakennusosanimikkeistöön helpottaa mallin tulkintaa ja luo urakoitsijalle hyvän pohjan lähestyä mallia. Linkitys on oleellista yhteisen kielen luomiseksi suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden välillä ja sitä pitää tulevaisuudessa vaatia kaikilta tietomalleilta. Työssä tehty numerointi- ja nimeämisehdotus on rakennettu siten, että tietomallin hallinta olisi mahdollisimman automaattista suunnittelijan ja urakoitsijan näkökulmasta. Se sitoo rakenneosan sijaintiin, materiaaliin ja tyyppiin, jolloin tietomallin luokittelu helpottuu oleellisesti.

Urakkatarjouspyynnön pohjana tietomalli toimii siirtymävaiheessa korvaavana dokumenttina piirustuksille ja määrätiedoille. Tietomallin avulla määrälaskentaan käytävä aika vähentyy merkittävästi, jolloin kustannuslaskennan painopistettä voidaan suunnata uudelleen. Työssä tehdyn sillan tietomallin perusteella voidaan sanoa, että suunnittelutoimistoissa tehtävien töiden määrä tulee nousemaan. Suunnittelun tehokkuus ei kuitenkaan ole yksistään ajasta riippuvaista, koska muun muassa suunnitteluvirheet vähenevät, joilla on suora vaikutus rakentamisen viivästyksiin.

#### 3.1.2 Hosai Saifi

Diplomityön tulosten perusteella tiedonsiirto BIM-mallinnusohjelmien FEA-analyysi-ohjelmien välillä toimii siltojen osalta rajoitetusti. Sillansuunnittelussa tarvitaan monia työkaluja. Tulevaisuudessa BIM- ja FEA-ohjelmat voinevat periaatteessa integroitua täysin yhdeksi suunnittelujärjestelmäksi. Tiedonsiirto BIM- ja FEA-töiden välillä voidaan nykyisin tehdä käyttäen natiiviformaatteja (direct link) tai avoimia tiedonsiirtoformaatteja (ohjelmistoriippumaton indirect link). Tällä hetkellä tiedonsiirto toimii parhaiten suoria ns. natiiviformaatteja käyttäen. Yksinkertaisten siltarakenteiden tiedonsiirto on jo kohtuullisen toimivaa, monimutkaisten siltarakenteiden osalta kehittämätöntä.



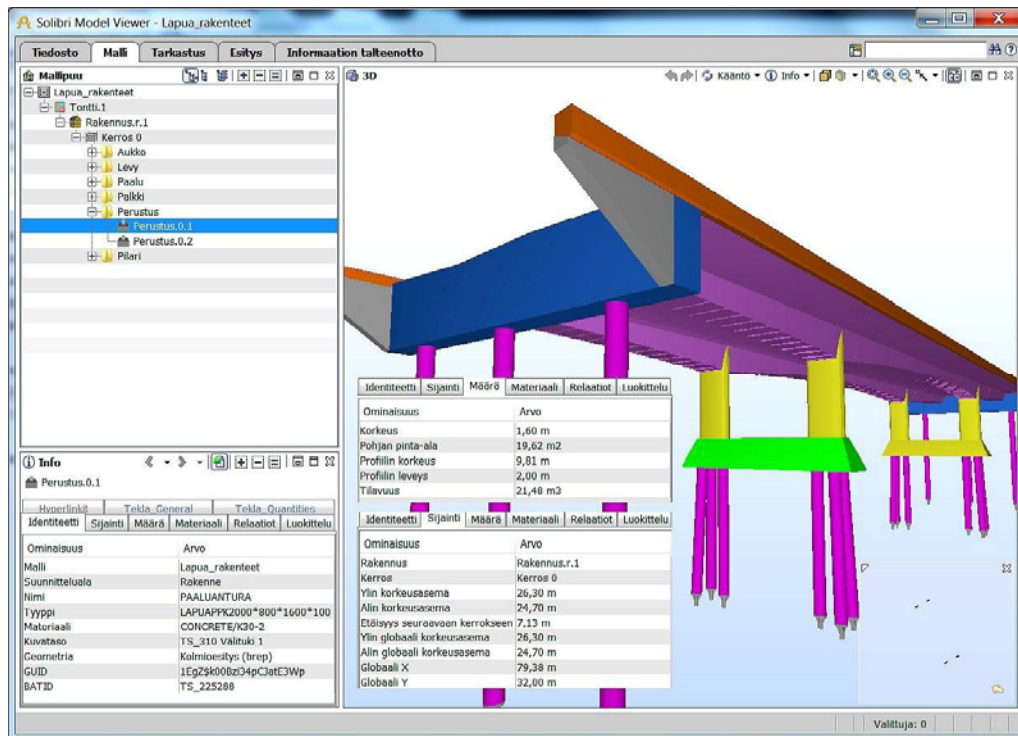


Kuva 24. Sillan tietomallin siirtäminen Tekla Structures -ohjelmasta SCIA-analyysiohjelmaan (Hosai Saifi).

### 3.1.3 Antti Karjalainen

Siltojen teknisiin rakenteisiin ja siltaan liittyvään muuhun infraan liittyvät tiedot voidaan tuottaa avoimissa tiedonsiirtoformaateissa, joita ovat IFC ja Inframodel. Rakenteiden osalta IFC-tiedonsiirtoformaattilla voidaan esittää sillan rakennussuunnitelmamalli riittävine tietosisältöineen huolimatta siitä, että IFC ei sisällä erityisiä siltaspesifisiä määrittelyjä. Kehitteillä oleva IFC-Bridge-laajennus IFC-standardiin poistaisi merkittävän osan puutteista ja toisi uusia mahdollisuuksia etenkin siltojen geometrian parametrisointiin.

Tietomallipohjaisessa sillansuunnittelussa tietomalli sekä siitä suoraan tuotettu tietomallia tukeva dokumentaatio sisältävät lähes kaikki ohjeissa asetetut tietosisältövaatimukset. Avoimilla standardeilla tapahtuva tiedonsiirto poistaa monia tekijänoikeuksiin liittyviä ongelmia, mutta samalla heikentää mallien käytettävyyttä seuraavissa vaiheissa. Avoimeen tiedonsiirtoon siirtyminen on kuitenkin perusteltua, koska se tarjoaa keinon siirtää tieto ohjelmistoriippumattomasti standardilla tavalla. Alalla yleisesti käytettävissä olevissa ohjelmistoissa on vielä rajoitetusti mahdollisuuksia toteuttaa eri tekniikkalajien välinen suunnittelunaikainen tiedonsiirto avoimilla tiedonsiirtoformaateilla, joten siirtymävaiheessa geometriaformaattien käyttö ja tekijänoikeudet huomioon ottaen myös natiiviformaattien käyttö on perusteltua.

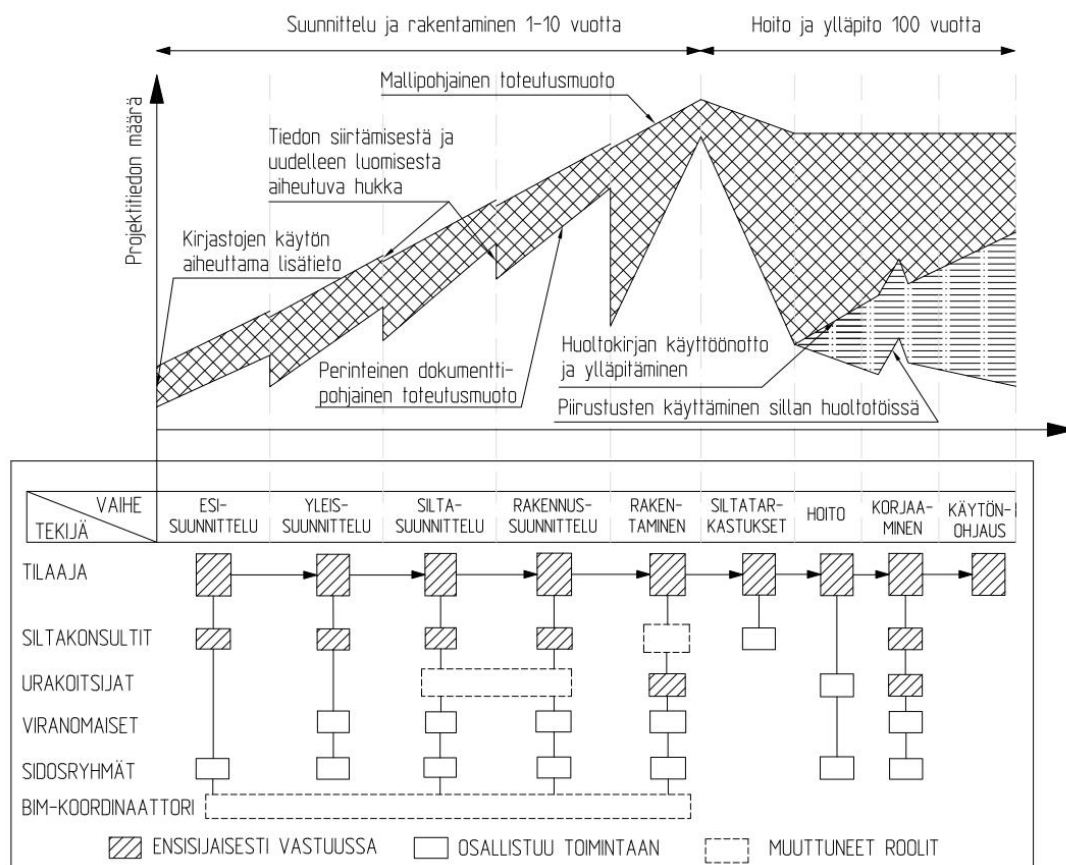


Kuva 25. *Paukuntien sillan IFC-malli Solibri Viewer -ohjelmassa (Antti Karjalainen 2014).*

### 3.1.4 Vernerin Lehtovirta

Sillan tilaajien näkökulmasta tietomallipohjaisten suunnitelmien tilaaminen on suuri muutos nykyisiin hankintatapoihin verrattuna. Toistaiseksi tilaajat eivät tiedä tarkkaan, miten sillan tietomallinnus vaikuttaa koko toteutus- ja ylläpitoprosessiin, ja mitä he tulevat saamaan sillan tuotemallin myötä. Sillansuunnittelijat eivät puolestaan tiedä mitä ja miten heidän pitäisi mallintaa, koska kokemukset, yhteisesti sovitut vaatimukset ja ohjeistukset ovat vielä vajavaisia. Toteutuneet tietomallipohjaiset siltaprojektit ovat olleet lähinnä oma-aloitteisten siltakonsulttien ansiota tai alan yhteisiä pilottiprojekteja, joissa tietomallinnuksen tavoitteista on sovittu projektikohtaisesti neuvottelemalla eri osapuolten kanssa. Lisäksi yritykset tavoittelevat kilpailuetua salaamalla omaa kehitystyötään, mikä aiheuttaa markkinoiden epätasapainoa ja vaihtelua suunnitelmien sisällössä.

Tulevaisuuden tavoitteena on standardoitu hankintaprosessi, jossa kaikki osapuolet tietävät jo ennen hankkeen aloitusta, mitä tietomallintamisella on tarkoitus saavuttaa ja miten tieto on luokiteltu tietomalliin. Täten tilaajilla olisi paremmat mahdollisuudet kilpailuttaa tietomallipohjainen sillansuunnittelu ja hallita toimittajamarkkinoita paremmin. Tämän diplomityön tavoitteena oli muodostaa kokonaisvaltainen kuva tietomallipohjaisesta hankintaprosessista sillansuunnittelussa, tunnistaa tietomallipohjaisuuden aiheuttamat tärkeimmät muutokset ja niistä aiheutuvat seuraukset suunnittelun hankinnan kannalta. Tutkimuksen suorittamiseksi tehtiin taustatyönä kattava kirjallisuusanalyysi, jonka jälkeen haastateltiin alan asiantuntijoita monista eri näkökulmista. Myös talonrakennuksen ja kansainvälisten tietomallinnusprojektien kokemuksia ja saavutuksia peilattiin työn tarkoitusta silmällä pitäen. Työssä tutkittiin eri arviointimenettelyiden ja toteutusmuotojen soveltuvuutta tietomallipohjaisen sillansuunnittelun hankintaan. Työssä määriteltiin myös periaatteet, joilla mallinnusvaatimukset ja -tavoitteet esitetään sillansuunnittelun tarjouspyynnössä.



Kuva 26. Tiedon määrä siltojen toteutus- ja ylläpitoprosessissa (Verner Lehtovirta).

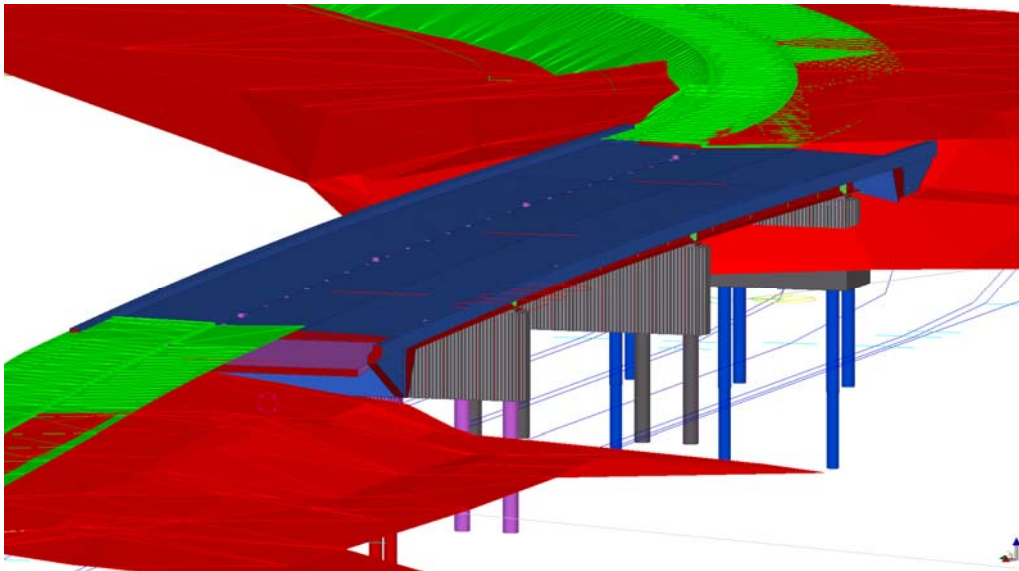
## 3.2 Osaprojektien tulokset

### 3.2.1 A-Insinöörit Oy

Maanpintojen ja väyläsuunnitelmien siirtäminen Tekla Structures -malliin on perinteisesti hoidettu tuomalla ne referenssitiedostoina. Tekla on kehittänyt suunnitelmatietojen siirtämiseksi Tekla Civilistä Tekla Structuresiin oman työkalun, mikä tuo halutut pinnat Civilistä Structuresiin natiiviobjekteina. Testattaessa työkalua todettiin sen olevan hankala käyttää mm. mallin sijainnin ja skaalauksen osoittamisen suhteen. Toinen iso haaste työkalun käytössä on se, että työkalu lukee pinnat suoraan Civilin mallikansiosista. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että Civil mallikansion on oltava samassa verkossa kuin Structures mallin. Tämä ei ole ongelma kun kohdetta suunnitellaan yhden suunnittelutoimiston sisällä, mutta jos väylän suunnittelu kuuluu toiselle suunnittelutoimistolle, on työkalun käyttö lähes mahdotonta Civil-mallikansion siirtämiseen liittyvien haasteiden vuoksi.

Maanpintojen ja väyläsuunnitelmien pintojen siirtäminen natiivimuodossa Structures malliin nähtiin kuitenkin tarpeelliseksi projekteissa, minkä vuoksi päädyttiin kehittämään oma työkalu niiden siirtämiseksi. Työkalu siirtää tiedon avoimen tiedonsiirtoformaatin kautta, eikä ole näin ollen sidottu vain yhteen väyläsuunnitteluohjelmistoon. Työkalu kehitettiin käyttäjien toiveiden mukaisesti, jolloin siitä saatiin juuri sellainen kuin haluttiin.

Pilottiprojektien aikana todettiin pintojen siirtämiseen liittyvän myös tietomäärän erilaiset tarpeet väyläsuunnittelussa ja sillansuunnittelussa. Väyläsuunnittelijan tarve liittyy nykyisiin maanpintoihin ja niihin liittyviin uusiin rakenteisiin, eikä vanhaa olemassa olevaa väylää mahdollisesti mallinneta kokonaisuudessaan tai jopa ollenkaan. Siltasuunnittelija tarvitsee tiedon kuitenkin myös jo olemassa olevan väylän osalta sillan liittyessä väylään koko leveydeltään, jolloin mallintaminen täytyisi tehdä myös jo olemassa olevan väylän osalta. Nybron pilottiprojektissa oli väylän osalta juuri se tilanne, että väylästä oli suunniteltu vain levennettävä osa ja sen liittyminen olemassa olevaan väylään. Myös nykyisen maanpinnan kartoitustiedoissa ilmeni puutteita maastotietoja yhdistettäessä siltamalliin. Vajaan väylämallin ja nykyisen maanpintaa kuvastavan mallin toimittamisen tuloksena Nybron pilottiprojektissa yhdistetty malli ei kuvasta kokonaisuutta parhaalla mahdollisella tavalla. Vajaan väylämallin ja kartoitustiedon puutteiden tuloksena tässä kohteessa päädyttiin hyödyntämään mallintamisen apuna enimmäkseen referenssinä tuotavia dwg-tiedostoja.



Kuva 27. Nybron sillan malli väylämallin (vihreä) ja nykyisen maanpinnan (punainen) kanssa yhdistettynä. Malli ei kuvasta kokonaisuutta parhaalla mahdollisella tavalla, sillä väyläsuunnitelma on mallinnettu vain levennettävältä osalta ja sen liittymisestä vanhaan väylän osaan ja maanpinnan kartoittamisessa on ollut puutteita.

Tietomallipohjaisen suunnitelman laatiminen on haasteellista tällä hetkellä muun muassa mallin tarkkuuden vuoksi, sillä ohjelmiston mallinnustarkkuus monimuotoisten geometrioiden osalta on vielä puutteellinen. Ohjelmistotoimittaja on kehittänyt vuosien varrella työkaluja muun muassa kaksoiskaarevien muotojen mallintamiseen, mutta niiden mallintamiseksi toivotaan edelleen edistyksellisempiä työkaluja.

Teräsrakenteiden suunnittelussa isossa osassa ovat hitsiliitokset, joiden mallintaminen on ohjelmistolla tällä hetkellä vielä hyvin haastavaa ja esikohotettu muoto, minkä esittäminen samassa mallissa lopullisen muodon kanssa on jopa mahdotonta. Hitsiliitosten mallintaminen tulisi olla helpompaa ja sen esittämistapa mallissa parempi, jotta niiden mallintaminen olisi tarkoituksenmukaista. Hitsiliitokset täytyy olla esitettynä mallissa, kun suunnitelma toimitetaan konepajalle tietomallimuodossa. Hitsien railomuotoja ei yleensä tarvita konepajalla, sillä ne määräytyvät konepajakohtaisten menetelmäohjeiden kautta. Esikohotetun muodon esittämiseen ei ole tällä hetkellä voimassa olevassa Liikenneviraston siltojen tietomalliohjeessa otettu mitään kantaa ([http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo\\_2011-08\\_siltojen\\_tietomalliohje\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2011-08_siltojen_tietomalliohje_web.pdf)). Kaikki teräsrakenteet mallinnettiin pilottiprojekteissa lopullisessa muodossaan.

Tilajaosapuolien tietoisuus tietomallipohjaisesta suunnittelusta ja sen tilaamisesta on kasvanut pilottiprojektien aikana. Käytännössä mallien sisällön määrittely on kuitenkin jäänyt vajaaksi tilausta tehtäessä jättäen asioita auki ja sovittavaksi suunnittelun edetessä. Kaikissa pilottikohteissa ei määritelty sopimuksen tekemisen yhteydessä muun muassa sitä, haluaako tilaaja mallin luovutettavan natiivimuotoisena, IFC-formaatissa vai mahdollisesti molemmissa muodoissa. Samoin erikseen ei ole sovittu siitä, missä muodossa suunnitelmat toimitetaan tarkastettavaksi. Projektissa mukana olleista pilottikohteista S143 Karhumäen ykk tarkastetaan ulkoisesti. Tässä kohteessa tilaajalle on sovittu toimitettavan malli IFC-formaatissa. Tarkastettavaksi toimitettavasta aineistosta sovittanee jälkikäteen.

Kaikissa pilottikohteissa koettiin tarvetta kehittää työkaluja mallintamisen tehostamiseksi. Kokemusten perusteella jo olemassa olevia työkaluja kehitettiin monipuolisemmaksi ja kehitettiin myös uusia työkaluja talon sisällä, joiden avulla mallintaminen on helpottunut. Pilottiprojekteista saatujen kokemusten pohjalta kehitetään myös edelleen sillansuunnitteluun kohdennettua yrityskohtaista starttimallipohjaa ja mallintamishohjetta.

Hankkeen tärkeimmät pilotoinnin tavoitteet liittyivät tietomallin laajamittaisen hyödyntämisen, sekä terässiltojen mallintamisen kehittämiseen. Osaan tavoitteista saatiin hyviä kokemuksia, osasta taas löytyi runsaasti kehityskohteita. Osa tavoitteista jää avoimeksi hankkeen rakentamisaikataulusta johtuen, mutta pilottiprojektissa tehty työ tarjoaa hyvän pohjan tehdyn tietomallin laajamittaiselle hyödyntämiselle.

Jotta siltaan liittyvän väylän suunnitelmat saadaan siltasuunnittelijan käyttöön tarpeellisessa laajuudessa, tulee väyläsuunnittelijoiden kanssa tehtävää yhteistyötä kehittää entisestään. Kun molemmilla osapuolilla on tiedossa molempien tarpeet tietomallille, vältetään väärinkäsityksiltä ja saadaan aikaan yhdistelmämalli joka palvelee läpi projektin. Nybron kohdalla tämä asia todettiin väylä- ja maanpintamallien jäädessä vajaaksi silta-suunnittelijoiden tarpeisiin nähden. Samoin tässä kohteessa päätettiin suunnitteluprojektin alussa olla laserkeilaamatta vanhoja ja ympäröiviä rakenteita, kun arvioitiin että käytössä on hyvät ja tarpeellisessa laajuudessa olevat lähtötiedot. Malleja yhdistettäessä kävi kuitenkin ilmi, että maastomalli olisi voinut olla tarkempi, jolloin laserkeilauksen tuloksista olisi ollut hyötyä alussa arvioitua enemmän.

Uuden itse kehitetyn työkalun ansiosta maanpintojen siirtäminen Tekla Structuresiin koettiin helpoksi. Jotta uusien työkalujen kehittämiseltä toimistokohtaisesti välttyttiin tulevaisuudessa, tulisi ohjelmisto-toimittajan kehittää jo olemassa olevien, tarpeelliseksi todettujen työkalujen ominaisuuksia suunnittelu-toimistoista saatavien kokemusten perusteella. Avoimeen tiedonsiirtoformaattiin perustuvat työkalut toimivat eri suunnittelu-toimistojen välillä tehtävässä suunnittelutyössä parhaiten ollessaan ohjelmisto-riippumattomia.

Liikenneviraston siltojen tietomalliohjeen sisältöä tulisi laajentaa ja tarkentaa teräsrakenteisten siltojen osalta. Teräsrakenteissa tulee huomioida myös konepajatuotannon tarpeet esimerkiksi esikohotetun muodon esittämisen osalta. Tietomalliohjeen kehittämisen yhteydessä tulisi kiinnittää huomiota myös suunnitelmien tarkastamisprosessiin ja sen tuomiin haasteisiin. Nykyisellään julkaistu ohje ei ota kantaa tähän millään tavalla.

Tämän hetkiset valmiudet mallin käsittelyyn todettiin monessa yhteydessä pilotti-projektien kohdalla vähintään haasteelliseksi. Tietomalliosaamisen kasvattaminen ja tietomallien käsittelyvalmiuden parantaminen tilaajaosapuolien, urakoitsijoiden ja konepajojen keskuudessa on kriittisen tärkeää alan kehittymisen kannalta. Tulevaisuudessa työkaluja tulee kehittää edelleen näitä osapuolia ja heidän tarpeitaan enemmän tukevaksi.

Yrityksen mallintamiskäytäntöjen kannalta projekti koettiin kokonaisuutta yleisesti kehittävänä. Hankkeessa saatiin paljon lisää kokemusta terässillan mallintamisesta ja sen haasteista. Jälkikäteen ajateltuna olisi ollut hyvä määritellä hankkeen aloituspalaverissa asiat tarkemmin liittyen mallintamiseen ja mallin luovuttamiseen. Mallintamiseen liittyen esimerkiksi nimeäminen, numerointi ja materiaalit sekä niihin liittyvät lisätiedot olisi hyvä määritellä tarkemmin jo alussa. Erityinen ansio tässä projektissa oli aikainen vuoropuhelu konepajan kanssa.

Jatkossa tulisi kartoittaa erityisesti mallipohjaisen tiedonsiirron tarpeita ja mahdollisuuksia sekä parantaa mallipohjaisen suunnittelun edellytyksiä. Tähän liittyy monia koko rakentamishanketta koskevia kehityskohtia, kuten tilaamisen käytännöt, arkitöinnin haasteet, suunnittelun tehtävänannon rajaukset yms. Eräinä konkreettisia asioina näistä esimerkkinä ovat hitsaustyökalut ja esikohotuksen mallintaminen. Esikohotusta varten optimiratkaisuna tulisi kehittää tietomallistandardeihin objekti, jolla voi olla useita eri muotoja, mutta se lienee pitkän työn takana.

### 3.2.2 Ponvia Oy

Projektissa luotiin erittäin kattava tietomalli, joka sisältää rakenteiden geometrian, materiaalitiedon ja paljon muutakin rakenteelle oleellista tietoa. Projektissa keskeiseksi ongelmaksi muodostui perinteisissä piirustuksissa esitetyn tiedon upottaminen malliin siten, että se on mallin käyttäjälle helposti saatavilla. Tähän tarkoitukseen Tekla Structures -ohjelmassa ei ole vielä olemassa sopivia työkaluja. Tietyistä rakeneosista jouduttiin tekemään tietomallia täydentävät 2D-piirustukset, sillä kaikkea tietoa ei saatu syötettyä järkevästi tietomalliin. Tällaisia piirustuksia ovat mm. sillasta tehty hitsauspiirustus, yleispiirustus ja detaljit. Tietyistä rakenteista luotiin myös yleispäteviä periaatepiirustuksia, jotka toimivat tietomallin tukena. Näissä piirustuksissa on esitetty sellaisia asioita, joita ei voitu helposti syöttää tietomalliin, kuten erilaiset detaljit ja työtapaohjeet. Tietomalli on ensisijainen tietolähde ja nämä piirustukset toimivat mallin tukena. Piirustukset on tehty sillä periaatteella, että rakenteen geometrian muuttaminen ei vaikuta näihin piirustuksiin eli ne eivät vaadi päivittämistä.

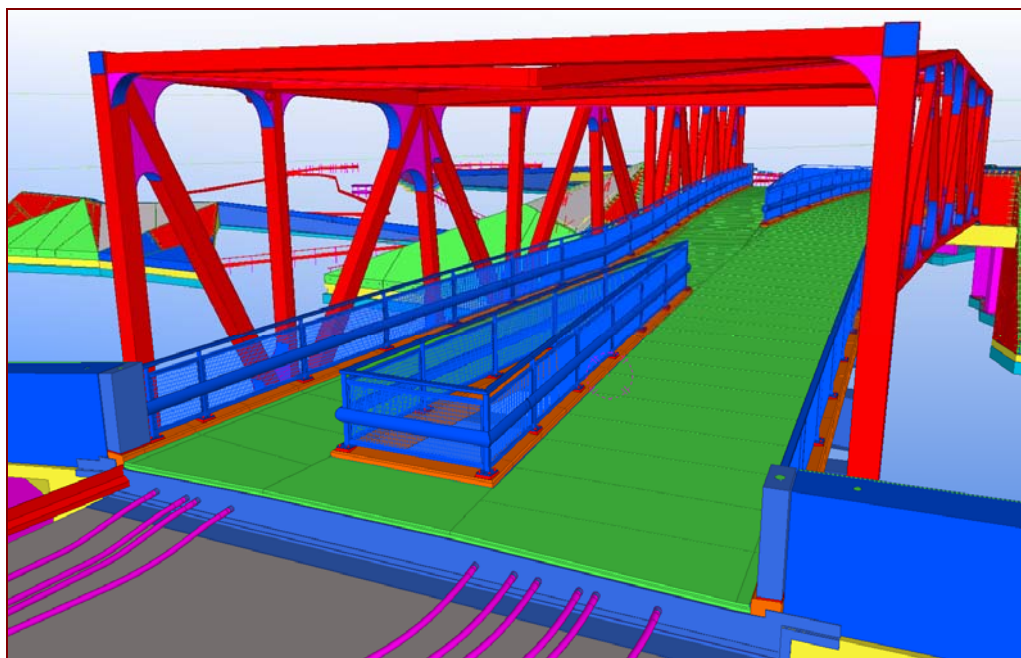


tä yhtä paljon kuin perinteiset piirustukset. Projektin urakkalaskenta saadaan hyvin todennäköisesti suoritettua pelkästään tietomallin, työselostusten ja näiden periaatepiirustusten avulla, mutta siitä ei ole vielä kokemuksia miten rakentaminen onnistuisi pelkästään tietomallin avulla.

Tekla Structures -ohjelma ei tue maamassojen mallintamista eli kaikki tukimuurien massalaskentaan kuuluvat täytöt ja kaivuut mallinnettiin Autodesk Civil 3D -ohjelmalla tehtyyn puistomalliin. Tämä on iso puute, sillä olisi loogista, että kaikki rakenteeseen kuuluvat määrät olisi laskettavissa samasta tietomallista. Alan yhteisissä käytännöissä ja ohjelmistoissa tarvitaan vielä paljon kehitystyötä, jotta päästään siihen tavoitteeseen, että projektit voidaan toteuttaa suunnittelusta rakentamiseen pelkän tietomallin avulla. Ongelmia aiheuttavat tällä hetkellä lähinnä puutteellinen ohjeistus, erilaiset käytännöt ja ohjelmistojen puutteet.

Mallintamiseen liittyvät ongelmat liittyvät Tekla Structures -ohjelman ominaisuuksiin. Ohjelma ei vielä täysin sovellu siihen tarkoitukseen, mihin sitä yritettiin käyttää. Ohjelmaan tarvitaan vielä paljon lisäominaisuuksia, jos kaikki piirustuksissa esitetty tieto halutaan näyttää vain tietomallissa siten että se on käyttäjälle helposti ja havainnollisesti saatavilla.

Pilottiprojektin on ollut pitkä ja opettavainen prosessi niin tilaajalle kuin suunnittelijalle. Projektista saatiin ja saadaan edelleen paljon uutta tietoa vastaavanlaisen tietomalliprojektin toteuttamiseen. Projektissa havaittiin, että yksityiskohtainen mallintaminen vie paljon aikaa ja erityisesti mallintamistarkkuuden määrittäminen heti projektin alussa olisi erittäin tärkeää.



Kuva 28. Hyvääntoivonpuiston tietomalli – sillan liittyminen tukimuriin (Ponvia Oy).

Taulukko 1. Esimerkki projektissa käytetystä numerointi- ja nimeämisohjeesta (Ponvia Oy).

Taidetukimurrit (phase 1-9)	Nimi	Class	Cast unit		Rakenneosa		Huom.
	PERUSTUKSET JA RUNKORAKENTEET	201-210					x = kyseinen tukimuurin nro (1-9)
	PERUSLAATTA	201	xPL		Peruslaatta		
	RINTAMUURI	202	xRM		Rintamuri		
	JÄYKISTYSRIPA	203	xJR		Jäykistysripa		
	LAAKERIALUSTA	204	xLA		Laakerialusta		
	KALLISTUSVALU	205	xPL		Peruslaatan kallistusvalu		
	LAATTA	206	xL		Muu laattarakenne		
	ELEMENTIT	211-221					
	pKUORIELEMENTTI	211	xKE-P		Kuorielementti, pesubetonipinta		
	hKUORIELEMENTTI	212	xKE-H		Kuorielementti, hiottu+kiillotettu pinta		
	pTaKUORIELEMENTTI	213	xAKE-P		Taittuva kuorielementti, pesubetonipinta		
	hTaKUORIELEMENTTI	214	xAKE-H		Taittuva kuorielementti, hiottu+kiillotettu pinta		
	KUORIELEMENTTI	215	xKE		Kuorielementti, valupinta		
	MUUT BETONIVALUT	221-279					
	JUOTOSVALU	254	JV		Jälkivalu, juotosvalu		
	BETONIPAikka	255	BP		Elementtien reikien paikkaus porakappaleella		
	TÄYTEVALU	256	TV		Elementin ja runkobetonin välinen betonivalu		
	VARUSTEET JA LAITTEET	280-340					
	SIIRTYMÄLAATTA	281	VL		Siirtymälaatta		
	MUUT RAKENTEET						
	KERMIERISTYS	252	KE		Kermieristys		
	KOSTEUSERISTYS	4			Tukimuurin takapinnan kosteuseritys	Surface Treatment	
	BITUMISIVELY	5			Elementtien takapinnan bitumisively	Surface Treatment	
	PINTAKÄSITTELYT						
	B HIONTA	6			Hiottu+kiillotettu pinta	Surface Treatment	
	B PESUBETONI	5			Pesubetonipinta	Surface Treatment	

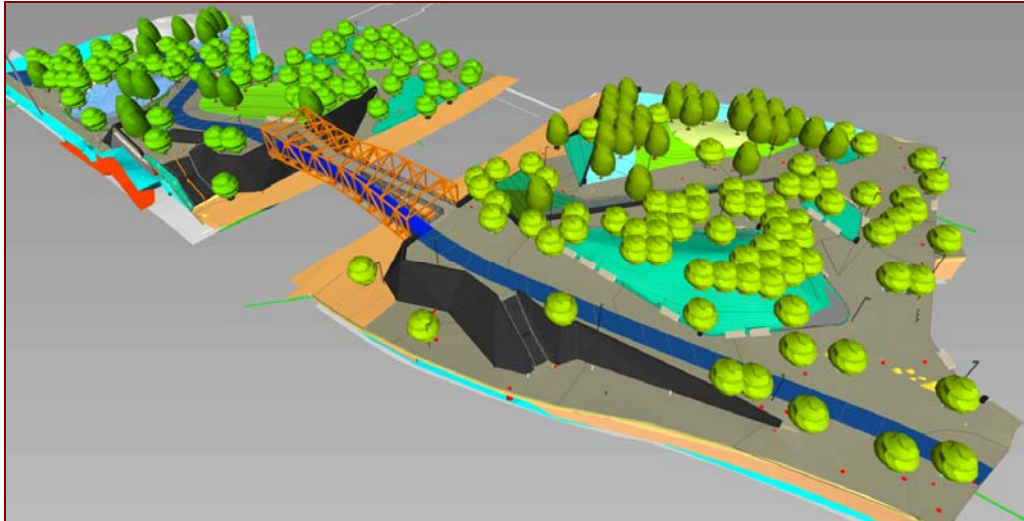
Puiston tietomallin laatiminen on mahdollista tehdä hyvinkin kattavasti ja mallia voidaan hyödyntää urakkalaskentaan ja rakentamiseen. Tietomalliin liittyy vielä kuitenkin runsaasti riskejä, johtuen ohjelmiston ominaisuuksista, ohjelmistoversioiden yhteensopimattomuudesta, inhimillisistä virheistä sekä tietotaidon puutteesta. Nämä riskit tulee tiedostaa ja minimoida. Vuorovaikutus mallin laatijan ja muiden hankkeen toimijoiden välillä on ensiarvoisen tärkeää, tässä huolellisesti laadittu tietomalliseloste on avainasemassa.

Hankkeen rakennussuunnittelussa käytettiin kahta tietomallinnusohjelmistoa: AutoCAD Civil 3D ja Tekla Structures. Civil 3D -ohjelmistolla muodostettiin puiston tietomalli. Näistä kahdesta tietomallista muodostettiin yhdistelmämalli Autodesk Navisworks -ohjelmistolla. Yhdistelmämallissa on kuvattu koko hankkeen kaikki rakenteet. Sen on tarkoitus toimia lähinnä visuaalisena mallina kun hankkeen kokonaisuutta tarkastellaan. Mallissa olevien rakenteiden värit on lähempänä todellista tilannetta kuin natiivimalleissa ja malli on oikeassa koordinaatistossa. Yhdistelmämalli ei sisällä läheskään samaa tietomäärää kuin ohjelmien natiivimallit eli se ei yksistään riitä rakentamiseen, mutta se toimii hyvänä apuvälineenä rakentamisen aikana. Se toimii suunnittelijoille mallin tarkastustyökaluna ja urakoitsijalle hankkeen koordinoitavuus- ja aikataulukaluna.

Yhdistelmämallin muodostaminen onnistui hyvin. Yhdistelmämalli sisältää tarkalleen ottaen kolme erillistä tietomallia: puiston purkumalli (Civil 3D), puiston suunnittelumalli (Civil 3D), kovien rakenteiden malli (Civil 3D). Purkumallissa on nimensä mukaisesti esitetty nykyisestä tilanteesta purettavat rakenteet. Purkumalli voidaan helposti piilottaa yhdistelmämallin näkymästä eli se ei vaikeuta lopullisen tilanteen tietomallin tarkastelua.

Navisworks sisältää paljon työkaluja mallin hyödyntämiseen. Mallista voidaan ottaa leikkauksia, siihen voidaan tallentaa valmiita kuvantoja, johon on lisätty esimerkiksi mittoja ja tekstikenttiä. Mallista voidaan myös renderöidä erittäin korkeatasoisia havainnekuvia tai animaatioita todellisilla valaistuksilla ja pintamateriaaleilla. Navisworks sisältää myös ”TimeLiner” -työkalun, jota avulla voidaan havainnollisesti suunnitella vaihteittain rakentamista ja aikataulutusta.





Kuva 29. Hyvääntoivonpuiston yhdistelmämalli (Ponvia Oy).

### 3.2.3 Sito Oy

Edellä esitetyistä pilottihankkeista saatiin arvokasta tietoa ja kokemusta. Ohjelmisto tuli tutuksi ja erilaisten rakenneosien mallintamiseen löydettiin toimivia tapoja. Useita työntekijöitä on koulutettu Tekla Structuresin käyttäjiksi. Uuteen nimeämis- ja numerointitapaan pohjautuvien piirustus- ja raporttipohjien tekeminen on työn alla. Talon sisäistä eri tekniikka-alojen välistä tietomallintamisen yhteistyötä kehitettiin.

Lähtötiedoista tie (2d ja 3d), maasto, kalliopinnat ja maalajirajat tulisi esittää omina tiedostoinaan referenssikäyttöä ajatellen. Maaston kolmioinnissa pitäisi olla säännölliset mittauspisteet ja se pitäisi tarkistaa kolmioinnin jälkeen. Teiden 3d-mallin pitäisi olla jaksoitettu tasausviivan paalutuksen mukaan, jotta teiden reunalta löytyisi paalutusta vastaava kohta. Teiden pintojen pitäisi olla suhteessa tuotettavan siltamallin tarkkuuteen. Varsinkin levenevän sillan teossa apuna pitäisi olla 2d:ssä oleva kaarelle piirretty tie- ja kaidelinjaviiva. Lähtötietona tulleissa pintamalleissa ei saisi olla arvaus- tai optimointeja.

Pilottihankkeissa huomattiin, että kaarevien muotojen mallinnukseen sekä mitoittamiseen Tekla Structuresissa olisi hyvä saada lisää aputyökaluja BeamExtruderin lisäksi. Raudoitukseen tarvitaan lisätoiminnallisuutta, jotta esimerkiksi viuhkaantuvien raudoitusten muodostaminen kahteen suuntaan kaareville pinnoille helpottuisi.

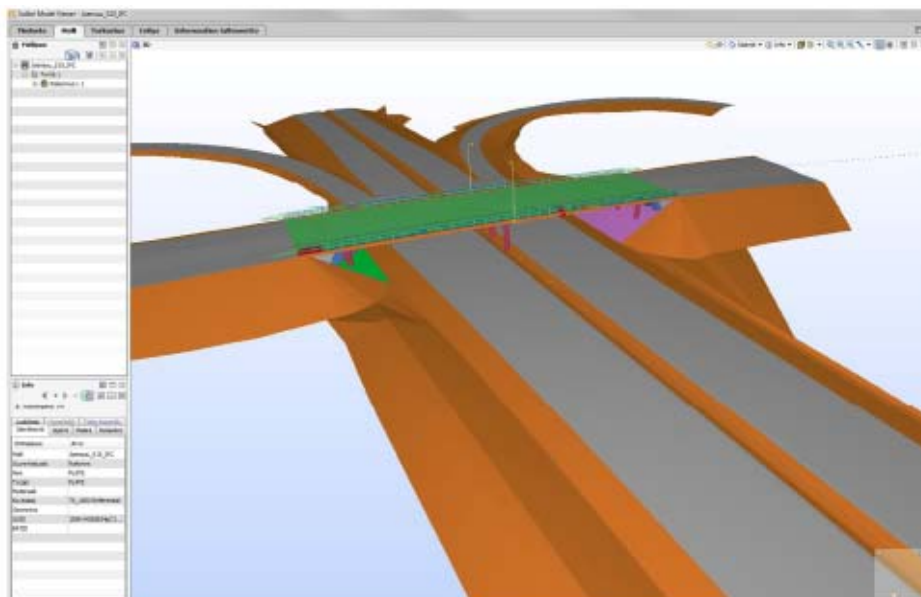
Tietomalleista joudutaan vielä pitkään tuottamaan piirustuksia niin tilaajan kuin työmaan tarpeisiin. Totutun näköisten piirustusten tekeminen ei ole mielekästä. Piirustusten tekeminen mahdollisimman pitkälle automatisoidusti edellyttää yksittäisen piirustuksen tietomäärän vähentämistä. Tällöin piirustusten määrä todennäköisesti kasvaa, mutta piirustustuotanto kokonaisuudessaan nopeutuu ja virtaviivaistuu. Tilaajien ohjeistusta piirustusten esittämistavasta ja sisällöstä tullaan tarvitsemaan. Näkymä-, piirustus- ja valintafilttareiden käytön avulla piirustusten ja raporttien tekeminen helpottuu. Tehokas piirustusten ja raporttien luonti edellyttää Tekla Structuresin mukauttamista, joka pitää sisällään esimerkiksi valinta- ja piirustussuotimia sekä raportti- ja piirustus pohjia. Myös maailmankoordinaatiston ja paikallisen koordinaatiston käyttöön piirustuksissa tarvitaan aputyökaluja.

Siltakonsulteilla ei ole yhteisesti sovittua tietomallien rakenneosien numerointi/nimeämiskäytäntöä. Tämän takia pilottikohteissa testattiin erilaisia nimeämis- ja numerointitapoja. InfraRYL:n mukainen numerointitapa ei soveltunut käytettäväksi Tekla Structuresin Class- tai Phase-attribuuteissa. Mikäli InfraRYL:n mukaista numerointitietoa halutaan käyttää, voidaan se tallentaa käyttäjän määrittelemiin attribuutitkenttiin (UDA-kentät). Sillan koko elinkaarta ajatellen parhaimmaksi osoittautui Sillantarkastuskäsikirjan mukaiseen ohjeistukseen perustuva nimeäminen ja numerointi. Tällä tavoin siltojen tietomalleja voidaan tehokkaasti käyttää vaurioiden kirjaamisessa ja tarvittavien korjausten suunnittelussa.

### 3.2.4 Siltanylund Oy

Repokallion risteyssillan mallinnus- ja tarkastuskokeilussa todettiin Liikenneviraston Siltojen tietomalliohje käyttökelpoiseksi sillan rakennussuunnitteluvaiheen mallipohjaiseen toteutukseen. Tarkastuskokeiluissa Tekla Structures -ohjelma osoittautui toimivaksi tarkastusohjelmaksi, joskin vaati käyttäjältä hyvää perehtymistä ohjelman eri toimintoihin, jotta tarkastustyö olisi tehokasta. Ohjelmaan listattiin erilaisia kehittämis ehdotuksia. Tekla BIMSight ja Solibri Model Viewer -ohjelmat soveltuvat tulosten perusteella mallin yleistarkasteluun ja projektin esittelyyn. IFC-tiedonsiirtoa käytettäessä vaarana on tietojen häviäminen. Tehdyssä kokeessa kaikki suunnitelmatieto ei siirtynyt oikein – ongelmia havaittiin viisi erilaista. Urakoitsijan käyttöön suositellaan natiiviformaatilla siirrettyä tietomallia sekä Tekla Viewer tai Tekla Structures -ohjelmia. Tarkastamiskokeiluissa ei käytetty törmäystyökaluja ja niihin liittyviä automaattisia toiminnallisuuksia.

Suunnitelman tarkastaminen mallipohjaisesti oli kokeilussa työtehtävänä uutta ja sisälsi ohjelmien käytön opettelua. Työmenekkejä ei siten suoraan voitu verrata perinteiseen 2D-tarkastuksen työmääriin. Kokonaisuutena työmäärät arvioitiin kuitenkin samansuuruisiksi. 2D-suunnitelmissa etuna on asioiden pelkistäminen ja olennaisten asioiden korostaminen, joka helpottaa myös tarkastustyötä. Toisaalta kolmiulotteinen rakenne esitetään vain 2D-leikkausten avulla, jolloin tietoa häviää ja kaikkia rakenteen mittoja ei aina voida yksiselitteisesti esittää. Myös tulkintaeroja voi syntyä.



Kuva 30. Reponiemen risteyssillan tarkastusta Solibri Model Viewerillä (Siltanylund Oy).

## 3.3 Työpajojen tulokset

### 3.3.1 Työpajan 1 ”Kokonaiskuvan muodostaminen” tuloksia

Workshopin toteutukseen osallistui kattava joukko Suomen silta-alan keskeisiä toimijoita ja henkilöitä. Workshopin perusteella tietomallintamisen ja automaation luoteetaan varauksetta ja laajasti – epäileviä puheenvuoroja ei kuultu. Yhteistyö on tärkeää ja Suomessa erityinen vahvuus ja mahdollisuus.

Kokonaiskuvan osalta esiin nousivat erityisesti:

- silta- ja väyläyhteistyötä tarvitaan, kehittämisessä on usein kysymys integraatiosta
- tietomallintamisessa paljon mahdollisuuksia
- komponenttikirjastojen jatkokehitys – tulisi olla kaikille ohjelmistoille sopivia
- uuden teknologian mahdollisuuksia runsaasti, esimerkiksi älypuhelin teknologia ja Augmented Reality -sovellukset
- reaaliaikaisemmat prosessit, esimerkiksi tarkastavat mittaukset tulisi työmaalla olla jatkuvia ja tuottaa toteutumamaraportit heti päivän päätteeksi
- kokonaisprosessin kehittäminen jopa elinkaaren laajuudella
- kansainvälinen yhteistyö olisi hyvä
- avoimet formaatit tiedonsiirrossa
- prosessissa synnytytetyt ja kerätyt tiedot tulisi tallentaa rekistereihin, tiedon säilyvyyttä ja hyödyntämistä tulisi edistää
- koulutusta on kehitettävä ja lisättävä
- urakoitsijoiden tietämystä ja aktiivisuutta tulisi erityisesti lisätä

Täsmäsuunnittelun osalta esiin nousivat erityisesti:

- konsortion täydentäminen: Ruukki, Celsa, Peri, urakoitsijoita lisää
- mallintamisen avulla selkeyttä ja nopeutta lopputuotteen rakentamiseen
- työmaan laitudokumentoinnin automatisointi (mittaukset, malliin vertailu, toleranssien tarkistaminen)
- erilaisten valmisosien, kuten Bamtec-mattorautoite, käytön lisääminen
- tiedottamisella ja koulutuksella suuri merkitys
- Suomessa alan käytettävissä hyvät ohjelmistot koko maailman mittapuussa
- ohjelmistot kehittyvät kuitenkin enemmän ja nopeammin kuin standardit, ohjelmistoilta vaaditaan päivittäiseen työhön koko ajan uusia työkaluja, järjestelmien sisäistä logiikkaa ja älyä ei voida siirtää
- täydellistä tiedonsiirron tasoa ei ehkä koskaan saavuteta
- suunnitelmien tarkastamista mallista kehitettävä
- uusien teknologioiden kokeilua ja käyttöönottamista nopeutettava
- myös tietorekistereitä ja rekisteri-integraatiota on kehitettävä
- Allianssimalli voisi soveltua silta-alan ”yhteiskehittämismalliksi”
- urakoitsijat eivät vielä kokonaisvaltaisesti ole ymmärtäneet tietomallintamisen etuja, tarvitaan tiedottamista ja koulutusta

Jatkotoimien osalta esiin nousivat erityisesti:

- paljon tekemistä, hyvää aineistoa ja runsaasti ideoita
- laaja pilottiohjelma tarvitaan – runsaasti erilaisia ideoita pilottien aiheiksi
- pilottiohjelman käynnistäminen mahdollisimman nopeasti
- piirustuksien korvaaminen siltatyömaalla erittäin kiinnostava asia
- muotti- ja telinetekniikoiden kehittäminen sekä valmisosien käytön lisääminen yksi mahdollisuus
- SKOLin rooli tärkeä alan sopimusehtojen kehittämisessä, johon tietomallintamisella suunnittelu tulisi ottaa mukaan

### 3.3.2 Työpajan 2 ”Siltojen tuotemallintamisen kipukohdat” tuloksia

#### Ryhmätyön A tulokset

Työryhmän R1 (mallista tuotettava aineisto) mukaan uudessa tietomallintamiseen perustuvassa prosessissa perinteisten piirustusten tarve siirtotiedostona vähenee oleellisesti. Entisten näköisten yleispiirustusten tuottamiseen ei kannata tuhata resursseja. Suunnittelijat tarvitsevat selkeitä pelisääntöjä. Voitaisiko tähän virittää oma kehittämisohjelmansa? Piirustusten vähentäminen edellyttää myös urakoitsijoilta uusia valmiuksia. Keskustelussa todettiin, että vaatimukset tulisi määritellä uudelleen ja täydentää Liikenneviraston tietomalliohjeeseen. Piirustusten sijaan voitaisiin puhua tuotemallista rakentajalle tuotettavista kuvannoista. Urakoitsijoita tulisi saada enemmän mukaan tähän kehittämis- ja määrittelytyöhön. Avoin IFC-tiedonsiirtoformaatti ei ainakaan toistaiseksi tue ryhmittelyä (groups), joten jokainen teräs siirtyy yksittäisenä objektina. Jos rakentaminen tehdään ilman piirustuksia, on käytettävä natiivimalleja. Piirustuksista luovuttaessa huomio on kiinnitettävä siirtotiedostoihin. Tarvitaan monenlaista kehittämistyötä. Esimerkiksi koordinaatistomuunnokset on saatava toimimaan joka suuntaan. Avointa IFC-formaattia on voitava laajasti lukea ja tuottaa. Voisiko silta-alalla vastaavasti kuin talonrakennusalalla on aiemmin tehty kehittää Tekla Structures -ohjelmaan yhtenäisen mallintamis- ja raportointitavan? Tähän määrittelyyn voisi osallistua esimerkiksi Celsa. Tilaa käyttäen myös SILAVA-vaatimusmäärittelyä ja raportointitapaa, joka voitaisiin integroida ja toteuttaa malliin yhdessä. Tekla voi toteuttaa Tekla Structures -ohjelmaan tarvittavat muutokset, kunhan ne vain ala ensin määrittelee.

Työryhmästä R2 (lähtötiedot) esille nousi mm. koordinaatistot, avoin formaatti, sillan sähköiset lähtötiedot -paketti. Nykyään lähtötietojen hallinta on suunnittelijan tehtävä, ei ole määritelty lähtötietojen tuottamista standardilla tavalla. Yhteensopimattomuus tuo nykyään ongelmia rakentamiseen. Koordinaattijärjestelmä on eräs haastavimmista ongelmista – tähän tarvitaan selvät säännöt. Lähtötiedot tulisi tuottaa sovitun muotoon, koordinaatistojärjestelmä tarkasti määriteltynä, Tekla Structures -toiminnallisuus kehitettävä kuntoon, myös pääsuunnittelijakäytäntö (tällainen käytäntö puuttuu) olisi kehitettävä koskien väylää siltoineen.

Työryhmän R3 (mallinnus ja varustelu) mallinnusohjelmissa (Tekla Civil, Tekla Structures, Solidworks) käytetty geometrian mallintamis- ja käsittelytapa murtoviivoina tuo toisaalta mahdollisuuksia, toisaalta ongelmia. Polybeamit kiertyvät, jos pisteiden välillä sekä x-, y- ja z-koordinaatit muuttuvat. Murtoviivoja käytettäessä monimutkaisten objektien luonti voi olla vaikeaa. Sillan kansi tulisi voida mallintaa tehokkaasti yhtenäisenä solidina, jossa välivaiheena ei olisi murtoviivoiksi muuttamista. Kun geometria esitetään murtoviivoina, on mittatarkkuus tiedostettava ja otettava huomioon. Jos lähtögeometria muuttuu, silta tyypillisesti mallinnetaan kokonaan uudes-

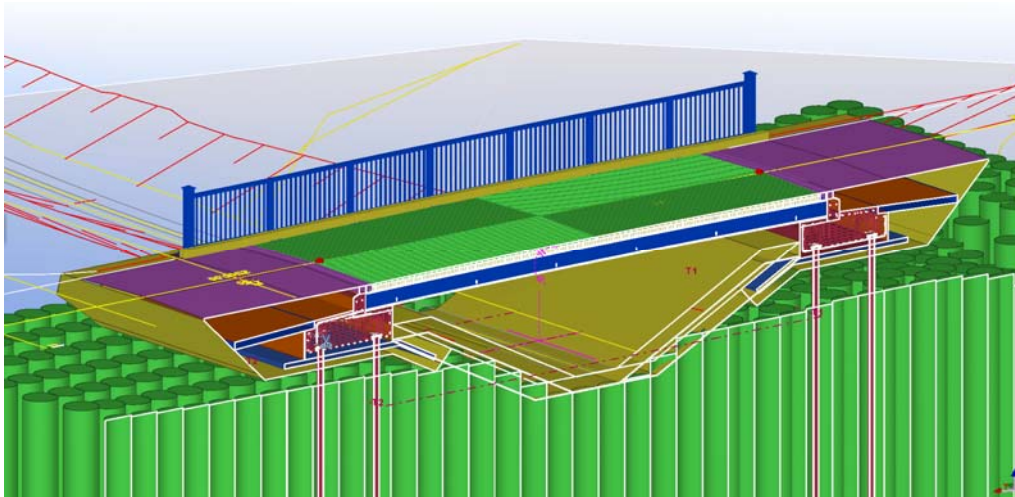
taan. Raudoitusten mallintamisen kehittämiseen on pitkä tarveluettelo. Murtoviivaperiaate tuo raudoittamiseen ongelmia mukanaan. Johtuvatko raudoittamisen ongelmat murtoviivaperiaatteen tuomista epätarkkuuksista vai siitä, etteivät mallintajat tunne raudoittamisen periaatteita kuten työteräkset ja suojabetonoinnit. Suunnittelijoille kaivataan raudoitemallintamiseen päivitetty ohjeistus ottaen huomioon toisaalta ohjelmistojen mahdollisuudet, toisaalta erilaisten raudoitetyyppien käyttömahdollisuudet ja esimerkiksi kaarevien terästen määrittely huomioon ottaen taivuttamisen tehtaalla tai työmaalla. Myös muutosten positiointia, hallintaa ja numerointia tulisi pohtia.

Keskustelussa nousi esiin, että perinteinen suunnitteluosaaminen ei kuitenkaan saa hävitä. Ohjelmistojen tulisi mukautua raudoittamiseen, eikä päinvastoin. Murtoviivamallinnusongelmaa on jo osaltaan kehitetty ja ratkaistu IFC Bridge -tiedonsiirrossa.

### **Ryhmätyön B tulokset**

Työryhmän R1 tarkastelukohteena oli Helsingin Järkäsaaren Hyväntoivon puisto ja silta tukimuureineen. Suunnittelu on tehty mallintamalla, johon on osallistunut myös maisema-arkkitehti. Sillan mallintaminen on tehty Tekla Structures -ohjelmalla. Mallit on yhdistetty toisiinsa Navisworksilla. Tiedonsiirto Tekla Structuresista tehtiin DWG-formaatilla, joka riitti visualisointiin hyvin. Tavoitteena on tuottaa piirustukset mallista tilaajan arkistoon. Rakennusurakkaan annetaan tietomallit ja toteutusprosessi pyritään läpiviemään mahdollisuuksien mukaan ilman piirustuksia. Kohde on ollut haastava, mm. arkkitehdille on annettu vapauksia. 2D-maailmassa muotojen mallintaminen olisi ollut todella vaikeaa. Mallintamisen kehittämisessä ja hyödyntämisessä on monenlaisia haasteita. Kohteen tietomallit on tuotettu useilla eri mallinnusohjelmilla, joiden ominaisuudet vaihtelevat. Esimerkiksi pehmeiden maarakenteiden mallintaminen ja kahden pinnan välisen tilavuuden laskenta löytyy Tekla Civil:istä, ei Tekla Structures:sta. Yhteinen nimikkeistö- ja InfraRYL:in mukainen määräluettelo tarvittaisiin. Väylämallintamisessa käytetään metristä ja sillanmallintamisessa millimetristä mittayksikköä. Skaalaukset onnistuvat aika hyvin Navisworks-ohjelmalla. Tekla Structures -ohjelmaan on sillan eri osien mallintamista varten tehty erilaisia Custom components -työkaluja.

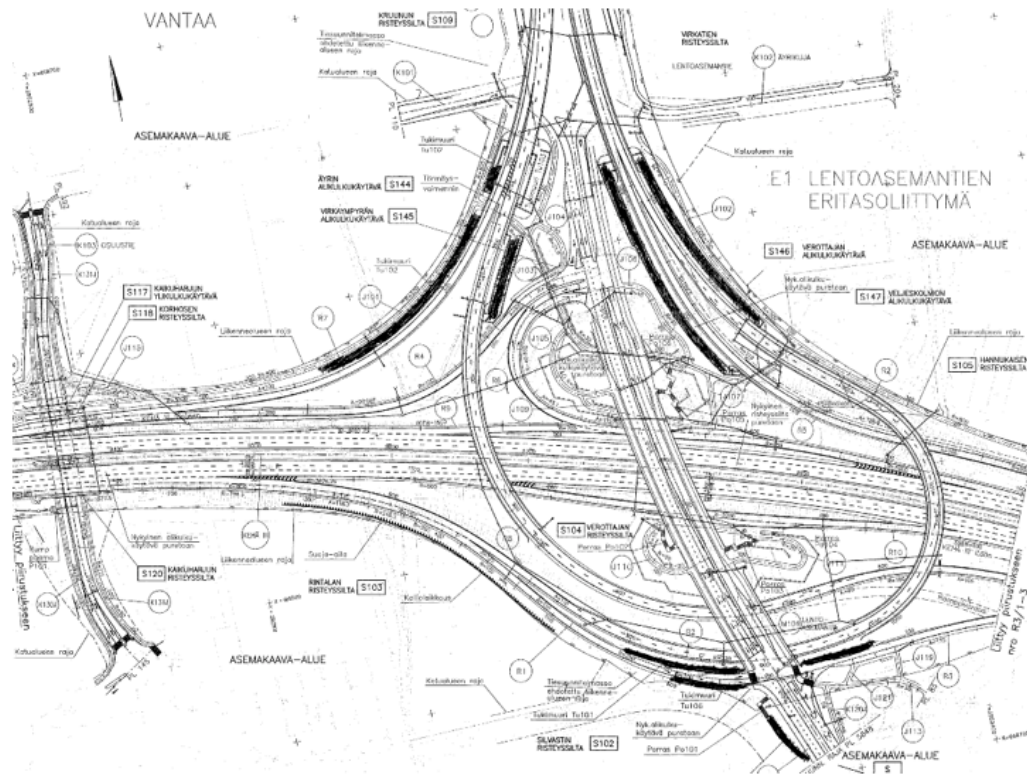
Työryhmä R2 tarkastelun sovelluskohteena oli Vartiokylänlahden pohjukan silta. Kohteessa on sillan lisäksi mallinnettu myös stabiloitavat kalkkipilarit, teräspaalut, massanvaihdot ja kaiteet. Jokainen palkki on ollut erilainen ja muotojen hallinta erilaisten kaarevuussäteiden vuoksi on ollut vaikeaa. Osien numerointi on ollut ongelmallista mm. rajoitetun numeropituuden vuoksi (class). Raudoitteet ovat myös sävyntyneet kaikki samalla tavalla. Kokoonpanokuvien teko on ollut vaikeaa. Mallintamisen aikana on luotu erilaisia näkymäfilttereitä, joiden pohjana on käytetty InfraRYL-numerointia. Sito Oy on laatinut kokemusten pohjalta oman kipuluettelon, luokitus 1 erittäin tärkeä, 2 tärkeä, 3 tarpeellinen. Lähtötietojen käsittelyssä on käytetty AutoCADia. Nimeämiskäytännöt ovat vieläkin epäselviä alalla, mihin tarvittaisiin selkeät yhteiset pelisäännöt.



Kuva 31. Ryhmä R3 pohti mallintamisen ongelmia Melantien jatkeen siltaa ja Varjakanpuiston siltaa caseina käyttäen (Sito Oy).

Työryhmässä 3 mallintamisprosessia tarkasteltiin käyttäen sovelluskohteena Lentoasemantien tukimuureja Kehä III:n ja Lentoasemantien risteyksessä. Tehtävä käsittää noin 800 m kulmatukimuuria, noin 10 palassa 30–180 m pitkiä, 400x400 m<sup>2</sup> alueelle. Väylistä laaditaan jatkuva koneohjausmalli. Pilotointi sisältää koneohjauksen ja työmaa-automaatiota, tietojen siirtämisen mittausjärjestelmiin, toteutumien mittauksen sekä Tekla Civil- ja Tekla Structures -mallien yhdistämisen. Avointa InfraModel2-tiedonsiirtoformaattia käytetään. Urakkakysely ja mahdollisesti rakentaminen tehdään mallipohjaisesti. Suunnitelmat tarkastetaan mallipohjaisesti. Mahdollisia ongelmakohtia voi esiintyä lähtötietojen mallintamisvaiheessa, mm. yksi vai useampi malli, koordinaatisto Tekla Structures -ohjelmassa ja lähtötietojen formaatti. Lähtötietomallien käsittely Tekla Structures -ohjelmassa voi tuottaa paljon työtä. Lähtöaineistossa voi tarvita apulinjoja. On pohdittava miten muurit mallinnetaan (polybeam, parametrinen profiili, leikkaamalla vai näiden yhdistelmällä). Mallintamiseen liittyy paljon muuttuvaa poikkileikkausta, muuttuva pituuskaltevuus ja korkeus sekä kaarevuuksia. Mallista tuotetaan perinteiset naamakuvat, raudoituskuvat kaarevista rakenteista sekä maasto tasokuvissa. Käytettäviä formaatteja on pohdittava.





Kuva 32. Lentoaseman tukimuurit tuotemallintamispohdinnan kohteena – ryhmä R2 (A-Insinöörit Oy).

## Ryhmätyön C tulokset

Workshop C:n tavoitteena oli pohtia, miten Tekla Structures -rakenneosanumerointia voisi kehittää. InfraRYLin tarkkuus ei Siton kokeilun perusteella ole riittävä. Kaikki rakenneosat tulisi numeroida riittävällä tarkkuudella. Voisiko tähän soveltua esimerkiksi sillan korjausrakentamisessa käytetty numerointitapa? Numerointia hyödyntäen tiedot voitaisiin siirtää esim. kustannuslaskentaan tehokkaasti. Myös yhteinen nimeäminen so. nimikkeistö tulisi olla. Keskustelussa tuli esiin, että Tekla on kehittänyt Suomi-ympäristön Structures-ohjelmaan. Ohjelmassa on urakoitsijan käyttöön suunniteltu ns. Model Organiser -mallin luokittelutyökalu, jolla mallista valittuja osia voidaan sijoittaa tiettyyn luokitteluun. Esimerkiksi InfraRYL voisi olla Model Organiser -työkalussa valmiina. Class-numerointikenttää ei pidetty riittävänä. Numerointikoodauksen avulla tietokytkennät voivat periaatteessa tapahtua automaattisesti. Pohdittiin, että uusi koodaus tulisi välittyä myös IFC-formaattiin saakka. Numeroinnin ja nimeämisen kehittäminen on tärkeä osa INBIM-mallinnusohjeen kehitystyötä Suomessa. Numeroinnilla ei kuitenkaan aina ole suurta merkitystä urakoitsijalle (VR Track Oy). WSP:n mallinnusprojekteissa InfraRYL-tarkkuustaso on ollut riittävä. EU:n tulevat toteuttamisstandardit saattavat syrjäyttää InfraRYL:in jatkossa. Mallia on aina verrattuna laatuvaatimuksiin. Konsulteista vain WSP ja Sito ovat selkeästi käyttäneet ja kokeilleet numerointia. Ponvia on soveltanut SILAVA-numerointia. Päätettiin perustaa koodauksen kehittämisryhmä (Antti Karjalainen, Risto Parkkila, Ari Kouvalainen, Sampo Pilli-Sihvola, Tomi Tutti, Pekka Koivula, Heikki Lilja). Tavoitteena oli määritellä siltojen tuotemallintamisessa käytettävä numerointi ja nimikkeistö 15.8.2012 mennessä. Ryhmää vetäjäksi valittiin Antti Karjalainen WSP Finland Oy:stä.

Suomessa siltojen tuotemallintamiseen käytetään suunnitteluprosessin eri vaiheissa useita eri ohjelmia. Päähuomio workshopissa kohdistui kuitenkin Tekla Structures -mallinnusohjelman kehittämiseen paremmin siltasuunnitteluun sopivaksi. Konsulttien mallintamistyössä havaitsemia vaikeuksia ja ongelmia on havaittu ja dokumentoitu yksityiskohtaisesti tarkkuudella, joka toivottavasti mahdollistaa mallintamisohjelmien jatkokehityksen. Siltojen tuotemallintamisen kehittämiseksi on tutkittava myös edeltävää lähtötietojen hankintaa, tiedonsiirtoa väylämallintamisen sekä urakoitsijan ja tilaajan hyödyntämisprosessien kanssa. Myös näihin liittyviä havaintoja, kehittämisideoita sekä yleistä kuvausta siltojen tietomallintamisen kehitystilanteesta dokumentoitiin työpajassa runsaasti. Workshopin aktivoimista jatkotoimenpiteistä ensimmäiset kohdistuvat siltojen rakennusosanumeroinnin ja -nimikkeistön kehittämiseen sekä Liikenneviraston siltojen tietomalliohjeen jatkokehitykseen.

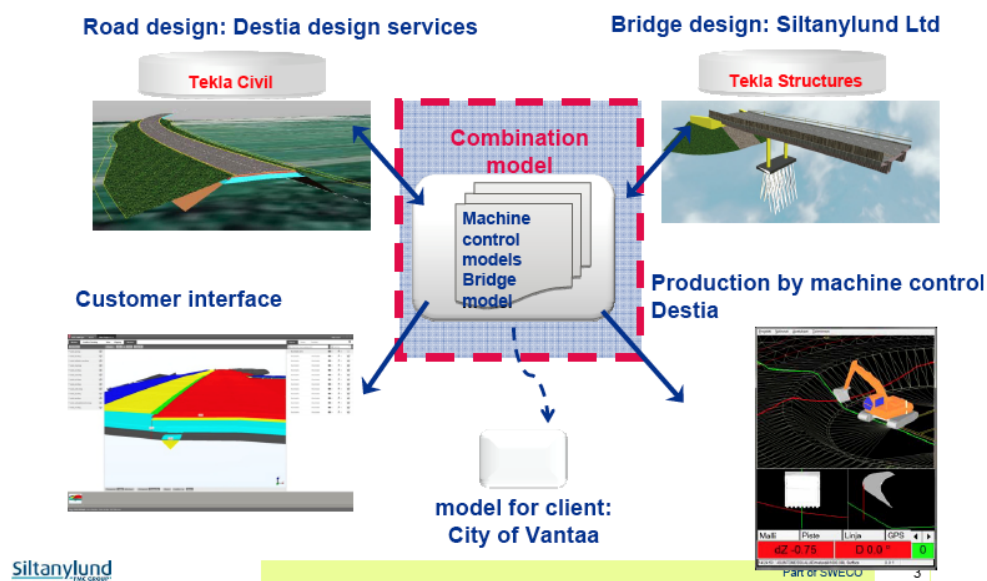
Workshopin päätavoitteena oli siltojen tuotemallintamisen kehittäminen ja laajan käyttöönoton nopeuttaminen. Workshopiin osallistui 18 silta-alan tuotemallintamisen keskeistä henkilöä ja organisaatioita. Käydyissä esityksissä, työskentelyissä ja keskusteluissa tuotemallintamisen kehittämistä pohdittiin monella eri tasolla ja hyvinkin yksityiskohtaisesti. Esille nostetut kipukohtat ja muut ongelmat palvelevat hyvin ohjelmistojen ja mallintamismenetelmien jatkokehitystä.

Workshop osaltaan tuki osatavoitteena ollutta siltojen tuotemallintamisen laajan käyttöönoton nopeuttamista. Tulosaineisto antoi eväitä ja perusteita kaikille osapuolille alan kehittämistoimien suunnitteluun ja aktivointiin. Mallintamisen kipukohtia tunnistettiin, kuvattiin ja priorisointiin osa-alueittain (lähtötiedot, mallinnus ja varustelu, mallista tuotettava aineisto). Kuvaukset välitettiin workshopissa ja sen erillisen raportin laajuudessa suoraan erityisesti silta-alan tämän hetken keskeisimmälle ohjelmistotoimittajalle Tekla Oyj:lle. Siltojen yhteisen numeroinnin ja nimikkeistön ke-

hittämiseen muodostettiin suunnitteluryhmä, joka kokoontuu workshopin jälkeen tarvittavan kehittämistoimenpiteiden ja -projektin suunnitteluun. Workshopin tulokset palvelevat myös Siltojen tietomalliohjeen seuraavaksi tehtävää kehittämis- ja päivitystyötä.

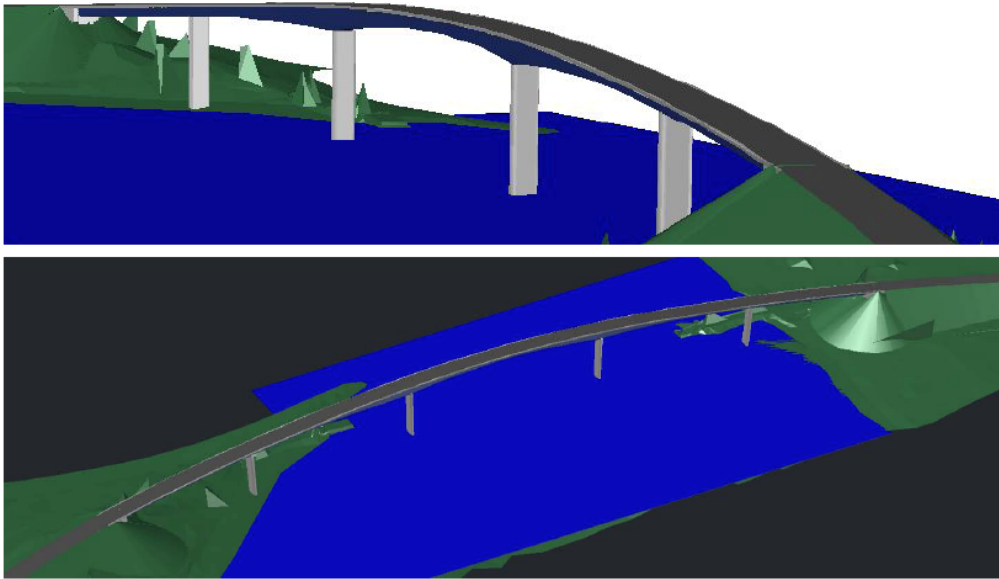
### 3.3.3 Työpajan 3 ”Siltojen ja väylien tietomallinnusintegraatio” tuloksia

Konsulttien onnistumisia ja vaikeuksia suunnitelmamallien yhteensovittamisessa tarkasteltiin alustuspuheenvuorojen pohjalta. Siltanylund Oy:n suunnittelijoiden kokemukset mallintamisesta ovat olleet vahvasti positiivisia. Väylägeometrian yhdistämisessä siltasuunnitteluun ei ole ollut mainittavia ongelmia. Suunnittelijat ovat voineet tehdä jo ensimmäisestä mallintamiskokeilustaan myös taloudellisesti positiivisen tuloksen. Mallista tarkastaminen on ollut helpompaa kuin piirustuksista tarkastaminen. Betoniraidoitteiden mahtuminen voidaan tarkistaa tietomallista oleellisesti helpommin. Kolmiulotteiset havainnekuvat piirustuksiin liitettynä ovat todella havainnollisia. Siltatietomallin hyödyntäminen sillan osien tehdasvalmistuksessa edellyttäisi tietomallin jakamista toimintaketjussa vapaasti eteenpäin. Raudotevalmistaja kertoi esimerkkitapauksessa joutuneensa itse mallintamaan sillan uudestaan (Celsa Seel Services Oy). Hankintatoimen kehittäminen nähtiin tärkeänä. Tilaajilla tulisi olla asiakirjamallit, joilla mallipohjaista suunnittelua olisi mahdollisimman helppo tilata.



Kuva 33. Tietomallintamisen toimintaprosessi Tikkurilantien pilottihankkeessa (Siltanylund Oy).

Väylä- ja siltatietomallien yhdistäminen on Siltanylund Oy:n kuvauksen mukaan vielä kehityksen alla. Periaatteessa jo tarjousvaiheessa tulisi edellyttää kuvattavan miten tietomallia aiotaan hyödyntää suunnittelussa ja rakentamisessa. Esimerkkinä oli Siltanylund Oy:n ja Destia Oy:n yhteistyönä toteutettava Tikkurilantien ST-hanke, jossa tien ja sillan kaikki eri tietomalliosat pyrittiin viemään kokeiltavaksi yhdistelmämalliin. Tiedonsiirtoon käytettiin IFC- ja DWG-formaatteja. IFC-muotoisia yhdistelmämallia kokeiltiin ja tarkasteltiin työmaalla Tekla BIMSight-sovelluksella. IFC-tiedonsiirron toimivuus on yllättänyt positiivisesti. Esimerkiksi geopinnat ovat olleet tietomallissa laadukkaita, paalupituudet on ollut helppo tarkistaa mallista, katumallit ovat samoin olleet laadukkaita. Yhteensovitus alikulkusillan kohdalla on vaatinut tarkkaa mallinnustyötä.



Kuva 34. Sillan luonnostelu mallimaailmassa (WSP Finland Oy).

WSP Finland Oy on käyttänyt tietomallintamista myös siltojen varhaisempiin suunnitteluvaiheisiin eli rakennussuunnittelun lisäksi myös yleis- ja sillansuunnitteluvaiheisiin. Tietomallintamisen tulisi näissä vaiheissa mahdollistaa nopea luonnosmainen suunnittelutyö. Edellisen suunnitteluvaiheen tulisi suoraan palvella seuraavaa vaihetta.

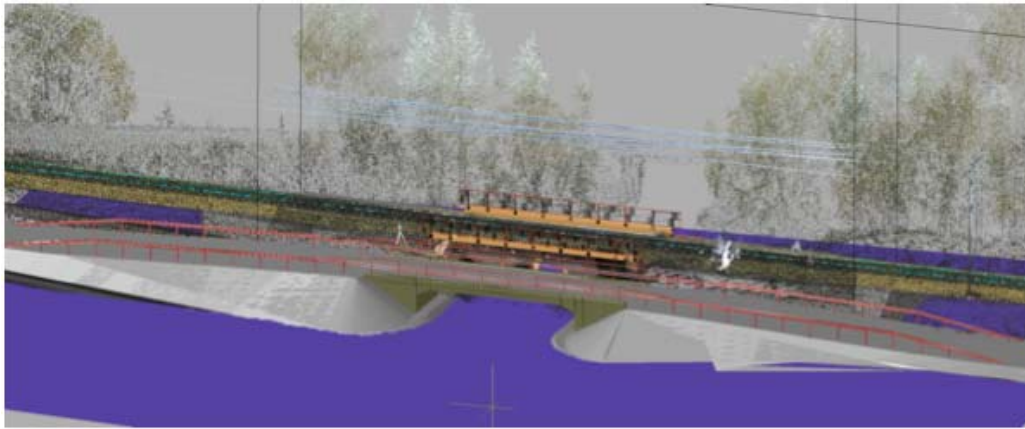


Kuva 35. Sillan tuotemallin tarkastelu 3D-pistepilvessä (VR Track Oy).

VR Track Oy esitteli rautatiesiltojen suunnittelun erityispiirteitä. Rautatiesillan geometria ei ole yhtä sidoksissa raidegeometriaan. Pienet sillat ovat usein suoria. Yleensä rautatiesillan kansi on tasaleveä ja poikittain vaakasuora. Yleissuunnitelma-vaiheessa siltasuunnitelma ei sisällä tarkkaa rakenneteknistä tietoa, siltarakenteet ovat äärimitoiltaan tarkkoja ja paikalleenmittauskelpoisia. Yhteensovitus maaraken-teiden kanssa tulee esittää. Suurin osa suunnitelmatiedoista on toistaiseksi vielä kaksiulotteista tietoa. Tietomallintamista käytettäessä perinteisen suunnitelma-piirustusten vaatimukset teettävät suunnittelijalla vielä kaksinkertaisen työn. Tulisi

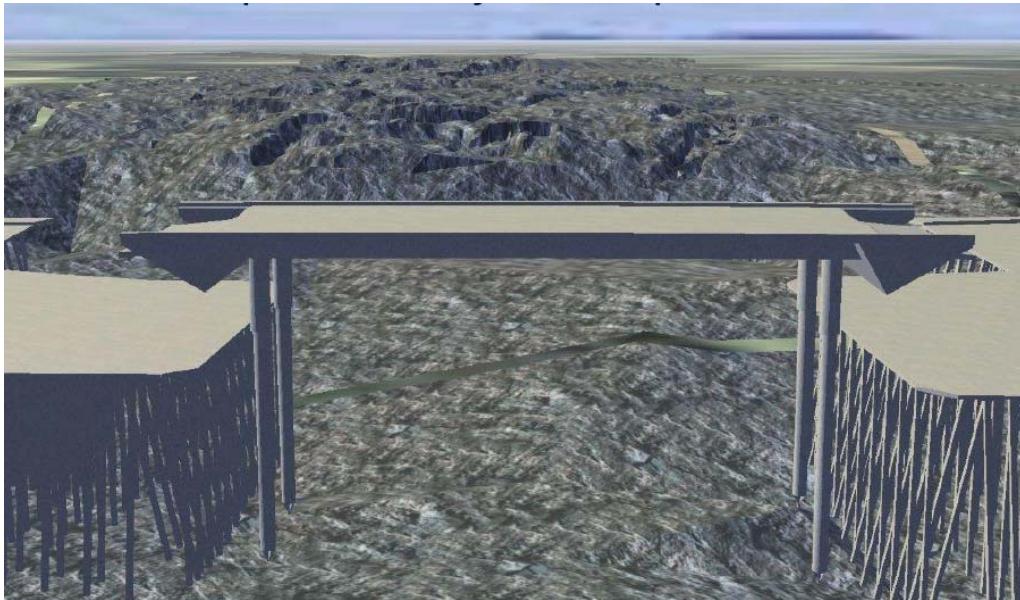


etsiä ja löytää uusia keinoja, esimerkiksi 3D-pistepilvien hyödyntäminen, asioiden esittämiseen havainnollisesti tietomalleissa.

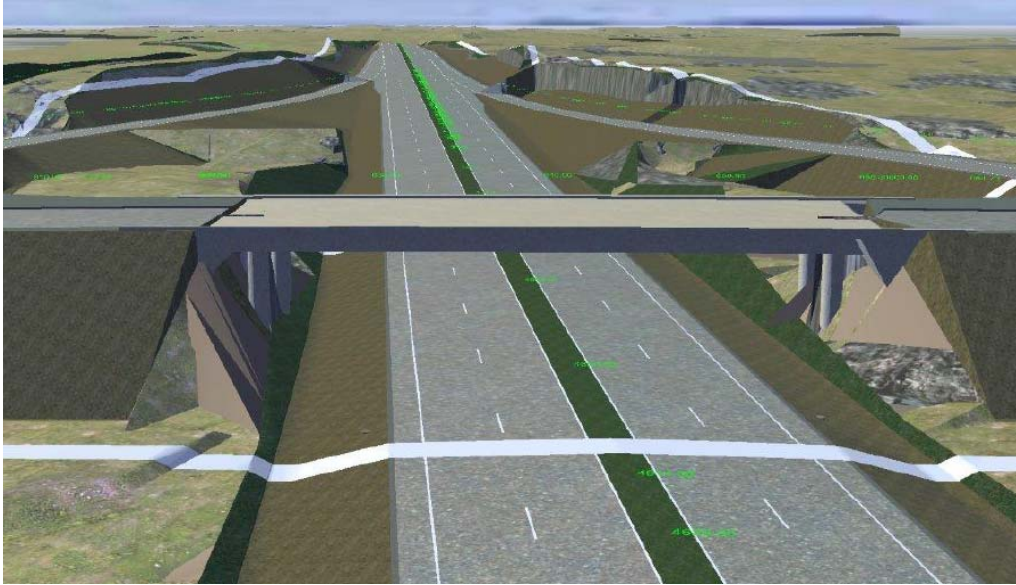


Kuva 36. Mittauksia varten tuotettu malliyhdistelmä (VR Track Oy).

Urakoitsijoiden onnistumisia ja vaikeuksia väylien ja siltöjen rakennustöiden yhteensovittamisessa (työmaan silmin) kuvasivat Kyösti Ratia (Skanska Infra Oy) ja Markku Savola (Destia Oy). Urakoitsijan näkökulmasta katsoen tietomallit tehdään tuotantoa varten. VT8-pilottihankkeessa silloista on laadittu 3D-geometriamallit. Aikaisemmassa suunnitteluvaiheessa laadittuja Tekla Structures -malleja kolmesta sillasta ei ole hyödynnetty. Tietomallien hyödyntäminen tuotannossa edellyttää osaamista sekä suunnittelijalta että urakoitsijalta. Maarakenteiden mallit tulisi olla koneohjauskelpoisia. Yhdistelmä- ja koordinointimallit ovat erittäin hyödyllisiä.



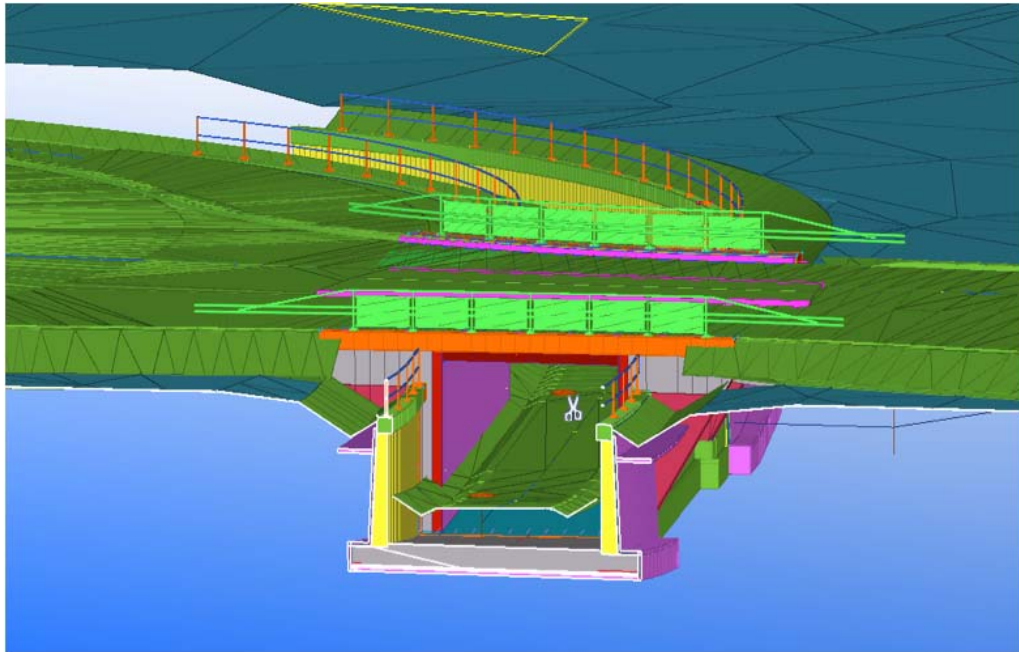
Kuva 37. Sillan geometriamallin tarkastelua väylän yhdistelmämallissa (Skanska Infra Oy, Ramboll Finland Oy).



Kuva 38. Sillan malli väylämallissa – case Vt8 (Skanska Infra Oy, Ramboll Finland Oy).

Destia Oy on kokeillut pohjarakenteiden yhteensovittamista siltapaikalla tierakenteiden kanssa. Siltapaikalla maatyöt määrittävät siltarakenteiden muotoja, kaikki vaikuttavat toisiinsa (maakeilat suhteessa maatukiin, maakeilat suhteessa perustuksiin, perustamistapa suhteessa tierakenteisiin ja tasausviiva suhteessa päätytukiin ja keiloihin). Jos joku yhteensovittamisessa ei toimikaan, ongelmat joudutaan ratkaisemaan työmaalla, joka johtaa suunnitelmien muuttamiseen, lisätöihin ja aikataulun venymiseen. Massoituksissa tulisi olla selkeät rajat, päällekkäisyyksiä tai puutteita tien- ja sillanrakentamistöiden kanssa ei saisi olla. Sillan tietomallissa tulisi olla myös maarakenteet mallinnettuna, joista käytettävät massat olisi helppo selvittää ja tarkistaa. Maarakenteet tulisi suunnitella tarkasti, jotta ratkaisuja ei tarvitse enää miettiä työmaalla. Siltapaikan maarakennemallit tulisi myös voida siirtää työkonoiden ohjausjärjestelmiin ja mittausjärjestelmiin ohjaustiedoksi. Sillan tietomalli maatyöineen tulisi olla täysin yhteensopiva väylämallin kanssa. Yhteensopivuus tulisi pystyä tarkistamaan suunnittelun eri vaiheissa useaan eri otteeseen. Lopullisessa mallissa massarajat tulisi esittää selkeästi. Yhdistelmämallin käyttöönotto osana normaalia suunnitteluprosessia olisi suotavaa. Työmaalla tarvitaan tietomallintamisaamasta, mutta ei kuitenkaan suunnittelutasaista osaamista. Mittamiesten toimenkuva on nopeasti kehittymässä tietomallintamisen suuntaan. Myös työmaainsinöörin on osattava käyttää tietomalliohjelmia.





Kuva 39. Sillan, väylän ja maaston tietomallien yhdistelmä – case Tikkurilantie (Destia Oy).

Tietomallinnusohjelmien nykyisiä valmiuksia esittelivät Tuomas Hörkkö (Vianova Systems Finland Oy) ja Erkki Mäkinen (Tekla Oyj). Novapoint Bridge -sovellus toimii integraatiotyökaluna väylä- ja sillansuunnittelun välissä. Siltamalli kytkeytyy väylä-poikkileikkaukseen parametrisesti hyödyntäen myös erilaisia projekti-, siltatyyppi- ja siltavarusteobjektikirjastoja sekä erilaisia kombinaatioita. Siltatyyppin määrittelyyn on erilaisia joustavia työkaluja.

#### 3.3.4 Työpajan 4 Taitorakenteiden tietomallintamisohjteen jatkokehitys” tuloksia

Työpajassa uuden ohjeluonnoksen pääideoita, sisältöä ja avoimia kysymyksiä esitteli Heikki Myllymäki. Siltojen tietomallintamiseen liittyvän Tekla Structures -numeroinnin kehittäminen oli vielä Teklan osalta avoinna. Siltanylund Oy oli tehnyt kehittämis-työstä Tekla Oyj:lle tarjouksen. Markus Siidorow Siltanylund Oy:stä esitteli tietomalliohjeen korjaussuunnitteluosioon liittyviä ajatuksia ja luonnosta. Teräsrakenteissa tarvitaan erikseen ns. konepajamalli ja lopputilanteen mukainen malli. Erilaisia esimerkkikuvia kaivattiin lisää tietomalliohjeeseen. 3D-mittauksien ja -pistepilvien linkittäminen siltojen tietomalleihin nähtiin tärkeänä. Työpajassa A ”Työstäminen – tietomalliluonnokseen perehtyminen ja avoimiin kysymyksiin vastaaminen” käytiin yhdessä läpi ohjeen sisältämä terminologia. Terminologiaan liittyi vieläkin jotain avoimia kysymyksiä (toteutusmalli, toteumamalli, ylläpitomalli). Periaatteessa jokainen 3D-laserkeilaus tuottaa oman mitatun toteumamallin. Inframalli-termi ei saanut työpajassa kannatusta. Toteutusmallia on tarkennettava edelleen. Teräsosien valmistukseen tarvitaan ennakkoinnin mukainen malli.

Työpajassa käytiin hyvää avointa keskustelua, joissa erilaisiin määritelmiinkin pureuduttiin. Tietomalliohje säilytetään siltojen tietomalliohjeena. Toteutusmallista voisi kirjoittaa erillisen selkeän luvun. Lähtötietojen mallinnus tarvitsee myös selkeyttävän ohjeistuksen. Suunnitelmamallin tulee olla mittatarkka määriteltyjen suunnittelutoleranssien sisällä, so. ohjeistuksessa on kuvattava tarkasti millaisia epätarkkuuksia sallitaan. Raudoitteet tulee mallintaa kokonaisuudessaan tarkkuudella, joka mahdollistaa rakentamisen. Mittayksiköistä ja koordinaatistojärjestelmistä keskusteltiin. Suunnittelijat halusivat siirtyä heti metriseen mittayksikköön ja väyläkoordinaatistojärjestelmään. Kokonaistoimintaketjussa nähtiin tarpeelliseksi siirtää avoimien IFC-mallien lisäksi natiivitietomalleja. Tilaajan hyväksyntään riittää ilmeisesti IFC-tiedosto, tarkastuskonsultti tarvitsee natiivitiedoston.

### **3.3.5 Työpajan 5 ”Siltojen tietomalliohjeen viimeistely” tuloksia**

Työpajassa tarkasteltiin ja arvioitiin Heikki Myllymäen päivittämää viimeistä Siltojen tietomalliohjeen luonnosta. Ohjeita on tarkoitus käyttää jatkossa Infra FINBIM-mallinnusohjeiden rinnalla. Keskustelussa nousi esiin, tarvitseeko nimikkeistöä ja numerointia sopia yhteisesti vai voisiko muuttua vapaasti? Korjaussuunnittelua on hyvin monenlaista, josta syystä on vaikea kirjoittaa kaiken kattavaa määrittelyä ja ohjeistusta. Laserkeilaamalla mitattu 3D-pistepilvi on jo sellaisenaan käyttökelpoinen tietomalli. Laserkeilausta ei kuitenkaan nykyisin käytetä vielä yleisesti. Ohjeen logiikasta ja ulottuvuuksista keskusteltiin: lähtötietojen hankinta ja lähtötietomallit, suunnitelmamalli, toteutusmallit, toteumamallit, ylläpitomallit. Sillan pitkäaikaismuodonmuutokset kehittyvät vuosien kuluessa. Teräsrakenteissa ennakoinnit ovat olleet välttämättömiä. Kuinka tarpeen on lopputilanteen mukainen malli? Siltojen tietomalliohje on yleisohje, jonka sitovuustaso määritetään hankekohtaisesti. Mittayksiköistä keskusteltiin – onko mallinnuksesta metrimaailmassa vielä edes kokeuksia? Voidaanko kirjoittaa ohjeeseen? Sillan yleismalli, joka on oikeassa koordinaatistossa, nähtiin aina tarpeelliseksi. Ohjeeseen on hyvä lisätä mahdollisimman paljon hyviä ja tuoreita mallinnuskuvia eri vaiheista. Tietomalliohje laitetaan viimeistelyn jälkeen laajemmin alalle kommentoitavaksi.

## 4 Päätelmät

Raportti dokumentoi 5D-SILTA3-kehittämiprojektin, Siltojen informaatio- ja automaatioprosessin sekä -toimintaympäristön kehittäminen, tuloksia. Kokonaisraporttia täydentää lähdeviitteissä mainittu joukko osaraportteja. Kokonaisuuden ehkä tärkeimpänä tuloksena voidaan pitää luonnosvaiheessa olevaa Liikenneviraston päivitettyä uutta Siltojen tietomalliohjetta, joka kiteyttää tietomallintamisen keskeiset määrittelyt, vaatimukset ja ohjeet silta-alalla. Sen lisäksi ohjeistusta täydentää laaja joukko erilaisia havaintoja ja tietoja tietomallintamiseen liittyvistä työkaluista, työmenetelmistä ja kokeiluista, joita on dokumentoitu osaksi tähän raporttiin. Uudet havainnot mahdollistavat alan toimintatapojen ja ohjeistuksen jatkokehityksen.

Jotta siltaan liittyvän väylän suunnitelmat saadaan siltasuunnittelijan käyttöön tarpeellisessa laajuudessa, tulee väyläsuunnittelijoiden kanssa tehtävää yhteistyötä kehittää entisestään. Kun molemmilla osapuolilla on tiedossa molempien tarpeet tietomallille, vältetään väärinkäsityksiltä ja saadaan aikaan yhdistelmämalli joka palvelee läpi projektin. Pilottiprojekteista Nybron kohdalla tämä asia todettiin väylä- ja maanpintamallien jäädessä vajaiksi siltasuunnittelijoiden tarpeisiin nähden. Samassa kohteessa päätettiin suunnitteluprojektin alussa olla laserkeilaamatta vanhoja ja ympäröiviä rakenteita, kun arvioitiin että käytössä on hyvät ja tarpeellisessa laajuudessa olevat lähtötiedot. Malleja yhdistettäessä kävi kuitenkin ilmi, että maastomalli olisi voinut olla tarkempi, jolloin laserkeilauksen tuloksista olisi ollut hyötyä alussa arvioitua enemmän.

Uuden, suunnittelutoimiston itsensä kehittämän työkalun ansiosta maanpintojen siirtäminen Tekla Structuresiin koettiin helpoksi. Jotta uusien työkalujen kehittämiseltä toimistokohtaisesti välttyttäisiin tulevaisuudessa, tulisi ohjelmistotoimittajan kehittää jo olemassa olevien, tarpeelliseksi todettujen työkalujen ominaisuuksia suunnittelutoimistoista saatavien kokemusten perusteella. Avoimeen tiedonsiirtoformaattiin perustuvat työkalut toimivat eri suunnittelutoimistojen välillä tehtävässä suunnittelutyössä parhaiten ollessaan ohjelmistoriippumattomia.

Liikenneviraston siltojen tietomalliohjeen sisältöä tulisi laajentaa ja tarkentaa teräsrakenteisten siltojen osalta. Teräsrakenteissa tulee huomioida myös konepajatuotannon tarpeet esimerkiksi esikohotetun muodon esittämisen osalta. Tietomalliohjeen kehittämisen yhteydessä tulisi kiinnittää huomiota myös suunnitelmien tarkastamisprosessiin ja sen tuomiin haasteisiin. Nykyisellään julkaistu ohje ei ota kantaa tähän millään tavalla.

Tämän hetkiset valmiudet mallin käsittelyyn todettiin monessa yhteydessä pilottiprojektien kohdalla vähintään haasteelliseksi. Tietomalliosaamisen kasvattaminen ja tietomallien käsittelyvalmiuden parantaminen tilaajaosapuolien, urakoitsijoiden ja konepajojen keskuudessa on kriittisen tärkeää alan kehittymisen kannalta. Tulevaisuudessa työkaluja tulee kehittää edelleen näitä osapuolia ja heidän tarpeitaan enemmän tukevaksi.

## Lähdeluettelo

### Osaraportit

Järvenpää, T. & Kuusela, K. & Kaleva, S. & Palosaari, O. (2013) Hyväntoivonpuisto, tietomallin laatiminen – loppuraportti. 67 s.

Kouvalainen, A. (2013) 5D-SILTA3 – Loppuraportti Sito Oy, 16. s.

Kuvaja, M. & Kuuhiimo, M. & Salonsaari, M. & Savolainen, J. (2013) Karhumäen-BIM 11.12.2013, InfraFINBIM-pilottiraportti, 17 s.

Litmanen, J. & Myllymäki, H. (2013) Sillan rakennussuunnitelman tarkastaminen BIM-mallista, pilotti, raportti. Siltanylund Oy, 21 s. + liitteet.

### Opinnäytteet

Anssi Mattila, Siltojen tietomallintamisen ja urakkalaskennan välinen integraatio, Oulun yliopisto, 2012.

Hosai Saifi, Integration of Building Information Modeling and Finite Element Analysis in Bridge Engineering, Aalto-yliopisto, 2012.

Antti Karjalainen, Avoimen tiedonsiirron kehittäminen siltojen tietomallintamiseen, Oulun yliopisto, 2014.

Verner Lehtovirta, Tietomallipohjaiset hankintamenettelyt sillansuunnittelussa, Aalto-yliopisto, 2012.

### Uudet tietomallinnusohjeet

Siltojen tietomalliohje, Liikenneviraston ohjeita 6/2014. ISSN-L 1798-663X, ISSN 1798-6648, ISBN 978-952-255-414-7.

Taitorakenteiden tietomallinnusohje. Suunnitteluohje, Helsingin kaupungin rakennusvirasto, Katu- ja puisto-osasto, Investointitoimisto, 1.8.2014, 25 s.



